

Pós-Graduação em **Astronomia**
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS



ROTEIROS DE CONSTRUÇÃO E DE EXPERIMENTOS

MARCELO LAGO ARAÚJO

Orientadores: Germano Pinto Guedes
 Marildo Geraldête Pereira

RADIOASTRONOMIA



PRODUTOS EDUCACIONAIS

APRESENTAÇÃO.....	3
Informações ao Professor.....	4
Conhecimentos Prévios e Atividades de Introdução.....	5
Metodologia Proposta.....	6
Conteúdos.....	7
A RADIOASTRONOMIA.....	8
EXPERIMENTO DE HERTZ.....	9
Introdução.....	10
Manual de Construção.....	12
Procedimento Experimental.....	22
Recursos Adicionais.....	25
RÁDIO DE GALENA ADAPTADO.....	26
Introdução.....	27
Manual de Construção.....	29
Procedimento Experimental.....	43
Recursos Adicionais.....	46
SIMULADOR DE IO-JÚPITER.....	47
Introdução.....	48
Manual de Construção.....	58
Procedimento Experimental.....	78
Recursos Adicionais.....	86
SIMULADOR DE PULSAR.....	87
Introdução.....	88
Manual de Construção.....	92
Procedimento Experimental.....	105
Recursos Adicionais.....	110
RADIOTELESCÓPIO BANDA Ku.....	111
Introdução.....	112
Manual de Construção.....	116
Procedimento Experimental.....	127
Recursos Adicionais.....	132
SIMULADOR DA RCFM.....	133
Introdução.....	134
Manual de Construção.....	138
Procedimento Experimental.....	157
Recursos Adicionais.....	163
Referências.....	164

Este trabalho é parte integrante da dissertação **Simuladores Experimentais de Radiotelescópios para o Ensino de Astronomia no Nível Médio**, constituindo seu Apêndice, com o detalhamento de cada produto desenvolvido no mestrado, em conformidade com a proposta de divulgação científica do Mestrado Profissional em Astronomia – MPAstro da UEFS.

São seis Produtos Educacionais, que poderão ser adotados individualmente pelo professor para as Aulas de Física no Ensino Médio, abordando o Eletromagnetismo. Tendo a Radioastronomia como tema, sua contextualização histórica e científica está relacionada à descoberta das ondas eletromagnéticas, à utilização das ondas de rádio, aos Pulsares, ao sistema planetário de Júpiter e Io, com emissões decamétricas, ao Sol com um radiotelescópio experimental com antena Banda Ku e à Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas (RCFM).

Todas as montagens que envolvam interligação com a rede elétrica só devem ser realizadas com a presença do professor.

Os roteiros apresentam sugestões de construção que não devem ser encaradas como modelos rígidos, pois podem ser adaptadas a cada realidade escolar. Algumas atividades também são sugeridas ao final de cada Produto Educacional.

Informações adicionais do trabalho de pesquisa, as vivências em campo com a Radioastronomia Experimental, o desenvolvimento dos Produtos Educacionais propostos, sua utilização em eventos realizados em ambientes formais e não formais de ensino, bem como outras considerações sobre os referenciais teóricos, a Radioastronomia e a Aprendizagem Significativa, foram tratados no texto da dissertação.

Os roteiros também estão disponíveis no endereço eletrônico que integra o projeto:

<https://www.radioastronomia.pro.br/>

Neste endereço, além de informações adicionais sobre a Radioastronomia e *links* sugeridos para outras pesquisas pelo professor, há um *Blog* atualizado regularmente.

Apresentamos os roteiros com a metodologia de construção e algumas sugestões de aplicação dos seis Produtos Educacionais criados durante o Mestrado Profissional em Astronomia da UEFS (MPAstro). Os produtos são voltados ao ensino de Física, mais especificamente do eletromagnetismo, com associação dos conhecimentos teóricos às aplicações práticas na Astronomia, por meio de técnicas observacionais que utilizam as ondas de rádio, com a Radioastronomia. Outros conteúdos podem ser relacionados a cada produto: Matemática, Novas Tecnologias, Ciências, Artes e Linguagens etc., a critério do professor.

Cada um dos produtos destaca um tema, físico ou astronômico e, em termos de história da Ciência, contextualiza alguma descoberta relevante. Não é necessário construir todos os produtos para que a história e os aspectos físicos envolvidos sejam abordados. O professor tem ampla autonomia para decidir o contexto em que serão utilizados, de acordo com seu planejamento didático. No Quadro 1, resumo das informações associadas aos produtos.

Quadro 1

PRODUTOS EDUCACIONAIS	Experimento de Hertz; Rádio de Galena Adaptado; Simulador de Io-Júpiter; Simulador de Pulsar; Radiotelescópio com Antena Banda Ku e Simulador da Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas – RCFM;
PÚBLICO ALVO	Estudantes e professores de Física do 3º Ano do Ensino Médio; Estudantes e professores de Física da Graduação.
OBJETIVO GERAL	Contribuir para o ensino-aprendizagem da Astronomia com o uso de tecnologias de informação e comunicação, fomentando a construção de artefatos experimentais, colaborativamente, em um contexto interdisciplinar, com a Radioastronomia experimental
CONHECIMENTOS PRÉVIOS	Eletricidade e Eletromagnetismo; Tecnologias de Comunicação e Informação; Elaboração de Mapas Conceituais e Diagramas em Vê;
O QUE APRENDERÃO	Noções básicas da física da emissão e recepção de ondas eletromagnéticas; Familiarizar-se com a emissão de ondas de rádio por dispositivos artificiais; Aspectos físicos da emissão de sinais de rádio por corpos celestes: Radioastronomia; Construção de dispositivos eletrônicos e entendimento do seu funcionamento; Organização de atividades em equipe.
MATERIAIS	A partir das sugestões construtivas apresentadas nestes roteiros, os professores e estudantes poderão adotá-las ou criar outras estratégias de montagem com materiais diversos para cada Produto Educacional.
AValiação	Proposta de avaliar a participação dos estudantes nas atividades realizadas: pesquisas com a elaboração dos Mapas Conceituais; nos procedimentos práticos, com os Diagramas em Vê ; apresentações para os outros estudantes e o professor e os relatórios.

Conhecimentos Prévios e Atividades de Introdução

A construção dos Produtos Educacionais pode ser feita pelo professor, para utilizá-los posteriormente em classe com os estudantes, ou podem ser construídos por todos os estudantes, com a orientação do professor. Esta decisão dependerá do tempo disponível para a realização das atividades. Considera-se que a construção pelos estudantes será uma experiência mais significativa, permitindo-lhes realizar pesquisas prévias, administrar a aquisição dos materiais, encontrar novas soluções construtivas, dentro do que o experimento se propõe, realizar a montagem numa abordagem interdisciplinar, testar, experimentar e relatar as atividades.

O professor poderá utilizar conteúdos dos livros didáticos do 3º Ano sobre o eletromagnetismo, complementar as informações com pesquisas na Internet e ilustrá-las com vídeos – para compor aula expositiva a ser exibida previamente de modo a contextualizar as informações e o encadeamento histórico das descobertas desde Maxwell e Hertz, até o que for tratar mais especificamente com cada produto.

Partir dos conceitos mais gerais aos mais específicos

Para aplicação da metodologia proposta, valendo-se de pressupostos da teoria de Ausubel, como a diferenciação progressiva, recomenda-se que os aspectos teóricos sejam apresentados inicialmente com ideias mais gerais e que os detalhes sejam progressivamente incluídos, como se fosse um Mapa Conceitual em que se obedece uma estrutura hierárquica para a diferenciação dos conceitos.

Para tratar da Radioastronomia, que possibilitou inúmeras descobertas astronômicas, deve-se estabelecer relações entre as descobertas astronômicas temáticas de cada produto e os avanços desencadeados com o uso das ondas eletromagnéticas. Em cada produto há sempre algum fato relevante da História, tanto para a Física como para a Astronomia.

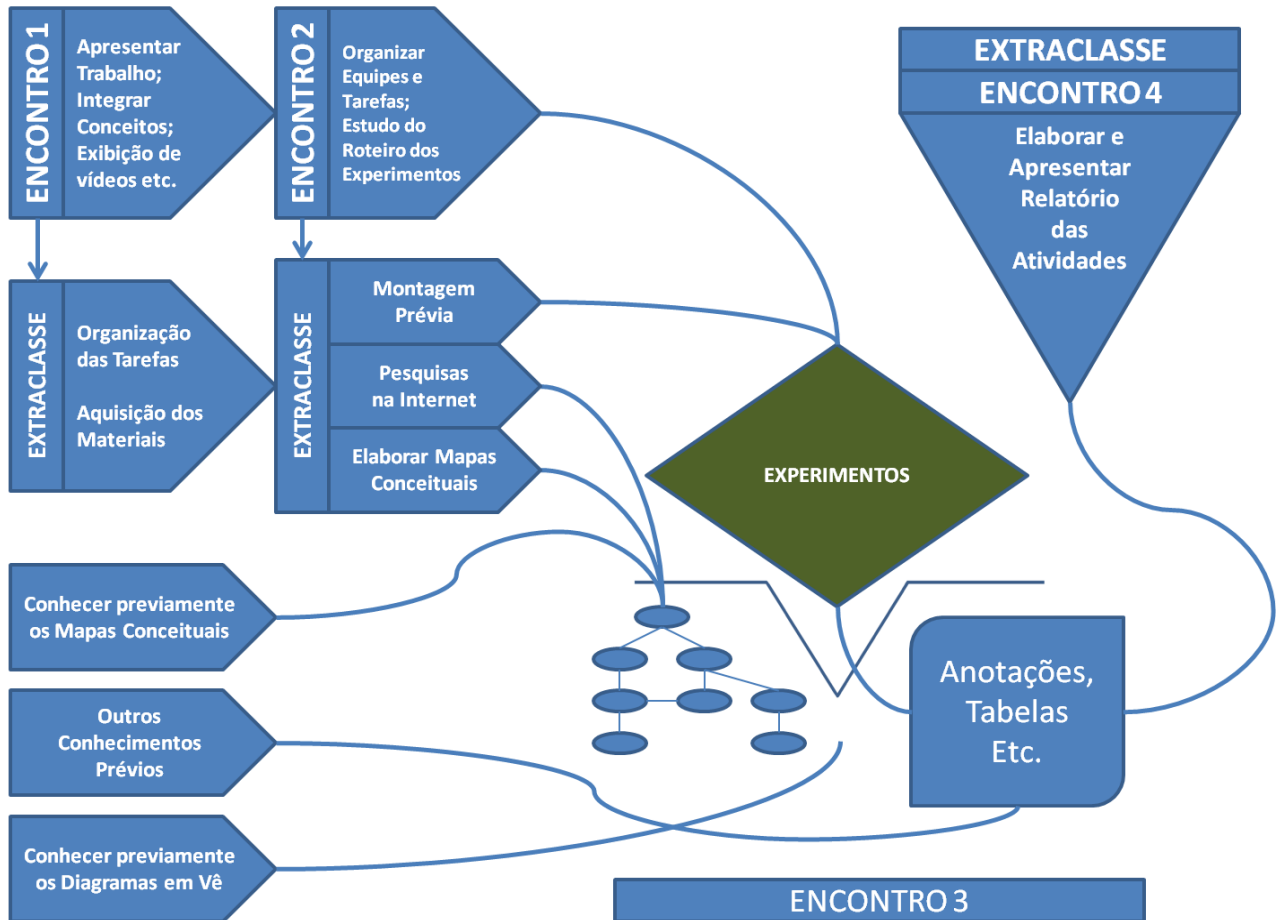
Ressalta-se que, caso os estudantes não estejam em um curso de perfil técnico, é possível que não conheçam os componentes eletrônicos utilizados. Porém, as informações (sobre LEDs, capacitores e indutores, por exemplo) presentes nos livros didáticos, associados às pesquisas na Internet, complementarão as informações necessárias para a compreensão dos conceitos envolvidos na utilização do Produto Educacional adotado, o que não descarta a participação do professor. Se forem estudantes com perfil técnico, cada componente e o comportamento elétrico dos circuitos utilizados poderão ser aprofundados.

Para a construção dos experimentos, recomenda-se que os estudantes organizem equipes e dividam as tarefas, incluindo aquisição dos materiais, pesquisas e a montagem. Parte da construção deve ser realizada em atividades extraclasse e a montagem definitiva a ser realizada na sala de aula, com todos os recursos disponíveis reunidos.

Para a pesquisa prévia e a análise dos experimentos, os estudantes devam estar familiarizados com a elaboração de Mapas Conceituais e Diagramas em Vê (NOVAK & GOWIN). Recomenda-se evidenciar quais aspectos serão avaliados na elaboração dos mapas e dos diagramas e que os estudantes realizem diversos mapas para refinar a sua elaboração. Com os mapas organizarão os conceitos que pesquisaram previamente e com os diagramas organizarão a realização dos experimentos e simulações, com cada produto, com base na(s) questão(ões) central(is).

Informações ao Professor

Figura 1



Realizar Mapas Conceituais e estudos prévios para o tema de cada experimento adotado.

Sugerimos quatro encontros em sala de aula e 3 encontros extraclasse, promovidos pelos estudantes, para a execução de todas as atividades, relacionadas a cada produto, individualmente, Figura 1. São tempos que devem ser ajustados pelo professor.

Recursos das Aulas e Estratégias de Ensino

Numa abordagem interdisciplinar, diversos conteúdos do planejamento didático eventualmente encontrarão ressonância em algum dos produtos. O elemento comum é o eletromagnetismo, aplicado à Astronomia.

Quadro 2

Produtos	Exemplos de Conteúdos
EXPERIMENTO DE HERTZ	História: Maxwell e Hertz; Ondas Eletromagnéticas; transmissão e recepção; indutores, transformadores, capacitores; entendimento do espectro eletromagnético; descobertas posteriores das emissões dos objetos celestes em várias faixas de onda, por exemplo, infravermelho, luz visível, rádio.
RÁDIO DE GALENA ADAPTADO	Ondas eletromagnéticas; Notação científica; Espectro Eletromagnético; Circuito sintonizado LC; Antenas. Diodos. Tipos de modulação de radiofrequências. O aperfeiçoamento dos receptores possibilitou a Jansky descobrir os sinais de rádio da Via Láctea em 1931.
SIMULADOR IO-JÚPITER	Ondas de rádio gerados por planetas em ambientes em que há intensos campos magnéticos e partículas carregadas; Radiações Cíclotron e síncrotron. Técnicas de Radioastronomia. Uso de TIC. Propriedades da propagação das ondas eletromagnéticas.
SIMULADOR DE PULSAR	Ondas eletromagnéticas; Indução magnética. Imãs. Bobinas. Uso de TIC. Radioastronomia. Antenas. Emissões cíclotron e síncrotron. Evolução estelar. Pulsares. Estrelas de nêutrons.
RADIOTELESCÓPIO ANTENA BANDA Ku	Ondas eletromagnéticas; Uso de TIC. Radioastronomia. Transmissão e recepção. Micro-ondas. LNA e LNB. Antenas. Radiação do corpo negro. O Sol e as estrelas. Evolução estelar.
SIMULADOR RADIAÇÃO CÓSMICA DE FUNDO EM MICRO-ONDAS - RCFM	Ondas eletromagnéticas. Cosmologia. Radiação do corpo negro. Emissões Térmicas. Planck. Uso de TIC. Radioastronomia. Espectro eletromagnético. Evolução estelar. Temperatura. Efeito Doppler. O Big Bang.

JANELAS DE OBSERVAÇÃO CÓSMICA NA TERRA

As janelas de observação cósmica representam a transparência da atmosfera terrestre para certas faixas do espectro eletromagnético e abrangem, de modo esquemático, duas grandes regiões:

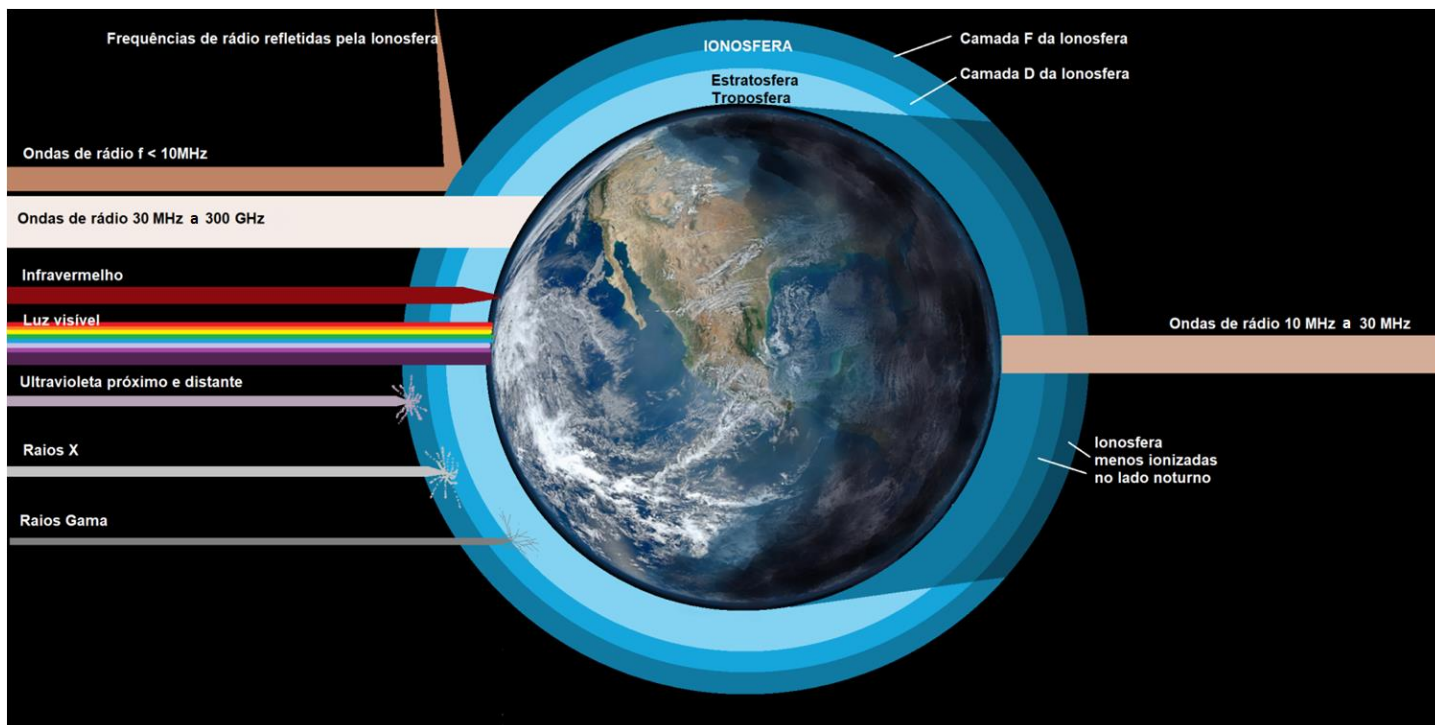
A da luz visível – que permite a Astronomia convencional, com os telescópios óticos;

A das ondas de rádio – que possibilita a Radioastronomia, em frequências de aproximadamente 10 MHz a mais de 300 GHz. Esta janela pode variar de acordo com a abordagem adotada e já foi estendida para frequências mais altas com o radiotelescópio ALMA (www.almaobservatory.org).

Frequências inferiores a aproximadamente 10 MHz são bloqueadas ou absorvidas pelas camadas da ionosfera, ionizada pelo Sol. Frequências entre 10 e 30 MHz, aproximadamente, podem ser captadas, dependendo do horário. Cumpre notar que estes limites não são valores rígidos e são meios de entendermos o comportamento das ondas de rádio e planejar as observações adequadamente.

Frequências entre 10 MHz e 30 MHz (aproximadamente) podem ultrapassar a ionosfera à noite, quando esta se encontra menos ionizada. Por isso, a radioastronomia amadora, como a promovida com o *Radio Jove* (<https://radiojove.gsfc.nasa.gov/about.htm>), deve ser realizada quando o planeta Júpiter está visível à noite, com o receptor de 20,1 MHz (mais detalhes no texto da dissertação).

Figura 2



Janelas de observação cósmica com imagem adaptada da NASA/NOAA/GSFC/Suomi NPP/VIIRS/Norman Kuring
 Inspirada na imagem "radio-wave-science-education" (Pinterest)
 Camadas atmosféricas fora de escala



ROTEIRO DE CONSTRUÇÃO E DE EXPERIMENTOS

MARCELO LAGO ARAÚJO

Orientadores: Germano Pinto Guedes
 Marildo Geraldête Pereira



EXPERIMENTO DE HERTZ

Uma das vertentes da Astronomia, a Radioastronomia estuda os corpos celestes por meio da captação dos sinais de rádio que eles emitem. Esta ciência hoje é possível graças ao acúmulo de conhecimento que nos faz compreender melhor a natureza das radiações eletromagnéticas, por exemplo, a luz visível, os raios X. Um dos cientistas responsáveis por esta revolução foi Maxwell (1831-1879), Figura 1.

Baseando-se principalmente nas ideias de Faraday sobre um éter cheio de linhas de força, que transmitiria as ondas eletromagnéticas, Maxwell realizou uma das sínteses mais fundamentais na história da Física, publicada em 1865, ao mostrar que todos os fenômenos elétricos, magnéticos e ópticos podem ser descritos, unificadamente, a partir de um conjunto de equações diferenciais, conhecidas como as equações de Maxwell (CARUSO, OGURI, 2016, P. 148)

Figura 1



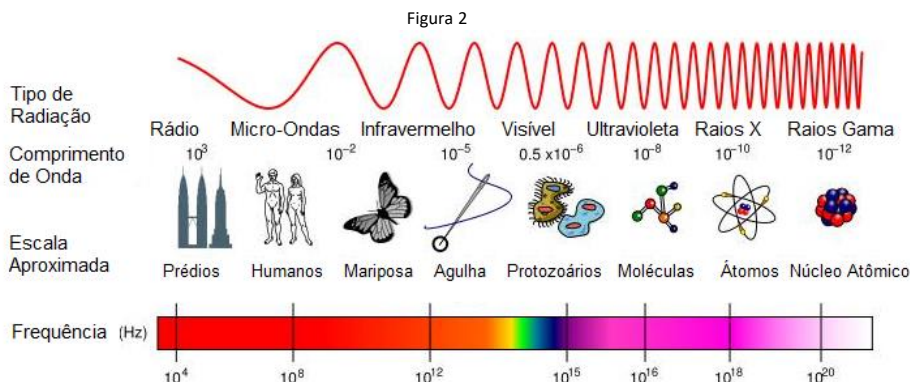
Fonte: <http://www.clerkmaxwellfoundation.org/>

Se um campo magnético variável induz um campo elétrico, também variável, este campo elétrico, por sua vez também produzirá um campo magnético variável, e assim sucessivamente. A velocidade das ondas eletromagnéticas no vácuo, para qualquer frequência, é constante, aproximadamente 3×10^8 m/s, com a seguinte relação, pela equação fundamental da ondulatória:

$$V = \lambda f$$

Onde V , é a velocidade da luz (m/s), f é a frequência da onda eletromagnética, em ciclos por segundo, e o λ é o comprimento de onda da frequência considerada, em metros.

As ondas de radiofrequência (RF) são utilizadas para a comunicação por telefonia celular, *Wi-Fi*, rádio e TV, satélites, Radioastronomia etc. O espectro eletromagnético também pode ser caracterizado, conforme a ilustração a seguir, Figura 2, de acordo com o comprimento de onda (em metros, m) e a frequência (Hz, em homenagem a Hertz):



Fonte: adaptado de https://www.mdsc.nasa.gov/vmovil.php?Section=Ejemplos_pr%C3%A1cticos_de_radioastronom%C3%ADa&ChangeLang=en

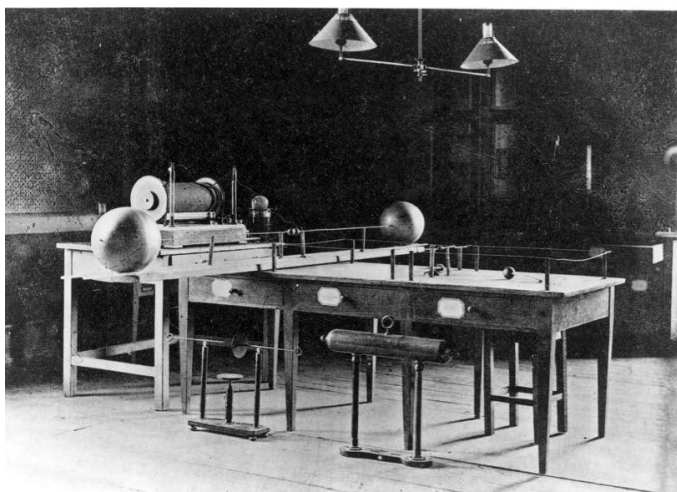
Em 1888, Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), Figura 3, elaborou experimentos com indutores e capacitores capazes de emitir e detectar as ondas eletromagnéticas previstas por Maxwell (chamadas de ondas de rádio, ou hertzianas, em sua homenagem), Figura 4. Ele conseguiu demonstrar propriedades como reflexão e refração, medindo seus comprimentos de onda e seus experimentos abriram caminho para outros cientistas se interessarem pelas ondas de rádio, conferindo-lhes usos práticos para telecomunicações, a exemplo da telegrafia sem fio, como fez Guglielmo Marconi.

Figura 3



Fonte: <https://www.britannica.com/biography/Heinrich-Hertz>

Figura 4



Fonte: Heinrich Hertz

Hertz construiu bobinas de indução para gerar altas tensões que por sua vez produziam descargas elétricas num circuito ligado a um dipolo com elementos capacitivos nas extremidades, neste dipolo os movimentos ondulatórios das cargas produziam as ondas eletromagnéticas em frequências conhecidas por ele. Estas ondas seriam recebidas à distância, por outra bobina, na qual também saltaria uma minúscula faísca num dispositivo chamado micrômetro. Esta bobina de recepção, funcionava como uma antena sintonizada, para receber o sinal de RF, Figura 5.

Tendo calculado o valor de suas frequências, Hertz demonstrou que estas ondas tinham a mesma velocidade que a luz, podiam ser refletidas e refratadas. Também percebeu um fenômeno intrigante, mais tarde descrito por Albert Einstein, o efeito fotoelétrico: superfícies metálicas expostas à luz ultravioleta tinham seus elétrons arrancados pela irradiação de alta frequência desta luz.

Com este Produto Educacional, replicaremos de modo simplificado, um dos experimentos realizados por Hertz, o primeiro cientista a demonstrar a existência das ondas eletromagnéticas.

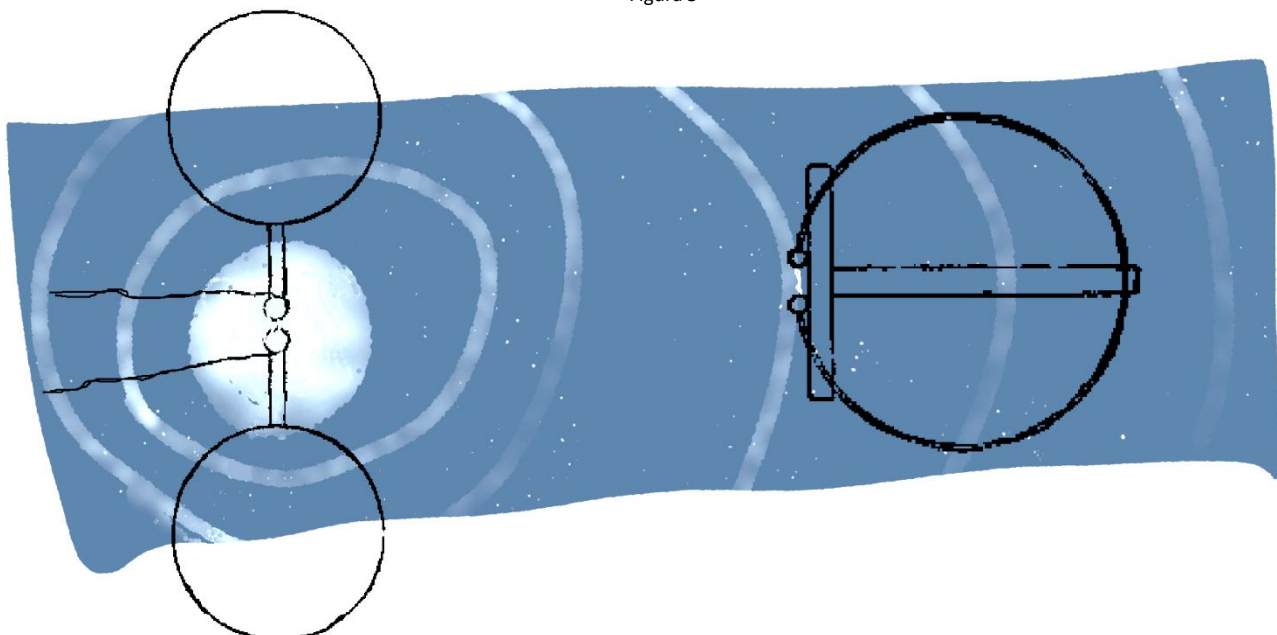
Os experimentos originais de Hertz foram realizados em diversas etapas, a partir de suas observações dos efeitos das descargas elétricas em garrafas de Leyden e bobinas de indução.

Nesta proposta, utilizaremos recursos que serão adaptados para funcionarem como transmissores (TX) e receptores (RX) de ondas eletromagnéticas, operando em curtas distâncias. São utilizados LEDs, lâmpadas neon, usinas de acendimento de fogão etc.

Foi a partir dos experimentos de Hertz que as ondas eletromagnéticas deixaram de ser uma teoria e puderam ser utilizadas no cotidiano das pessoas, como hoje fazemos quase sem nos darmos conta da sua importância.

Na ilustração simplificada abaixo, Figura 5, com parte de um esquema elétrico de um experimento realizado por Hertz, as ondas eletromagnéticas se propagam a partir do circuito de transmissão, à esquerda, onde ocorre uma forte descarga elétrica ligada ao elemento ressonante formado pelos dipolos e as esferas que são os elementos capacitivos. As ondas eletromagnéticas se propagam no espaço, sendo captadas à distância pelo micrômetro, um circuito elétrico aberto, com duas pequenas esferas, muito próximas nesta abertura, sem se tocar. É por esta abertura que saltavam pequenas faíscas elétricas atestando a presença do campo eletromagnético gerado.

Figura 5



ATENÇÃO: esta atividade deve ser conduzida apenas com a supervisão do professor, devido às altas tensões envolvidas.

Lista de Materiais

Quadro 1

MATERIAIS	QUANTIDADE	CUSTO (R\$)	TOTAL
PRATELEIRA COM SUPORTE 40X20	1	R\$ 21,60	R\$ 21,60
PÉS PROTETORES ANTIIMPACTO (CARTELA)	1	R\$ 21,90	R\$ 21,90
TUBO PVC 32MM 3M	1	R\$ 13,50	R\$ 13,50
T PVC 32MM	6	R\$ 3,20	R\$ 19,20
CAPA PVC	4	R\$ 1,40	R\$ 5,60
JOELHO DE PVC	2	R\$ 0,90	R\$ 1,80
COLA PARA PVC	1	R\$ 7,80	R\$ 7,80
CANETA ESFEROGRÁFICA	2	R\$ 2,00	R\$ 4,00
PARAFUSO (CARTELA)	1	R\$ 5,50	R\$ 5,50
ARRUELAS (CARTELA)	1	R\$ 2,90	R\$ 2,90
PORCA BORBOLETA (CARTELA)	1	R\$ 5,90	R\$ 5,90
FIO 0,14MM COBRE - VERMELHO	3	R\$ 1,00	R\$ 3,00
LED BRANCO - ALTO BRILHO - 0,5 MM	1	R\$ 0,17	R\$ 0,17
LÂMPADA NEON	1	R\$ 0,40	R\$ 0,40
CONJUNTO VELAS FOGÃO 4 BOCAS	1	R\$ 58,90	R\$ 58,90
USINA IGNIÇÃO FOGÃO 4 BOCAS	1	R\$ 46,90	R\$ 46,90
ABRACADEIRA DE NYLON COM TRAVA 10MM (CARTELA)	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
TOMADA RABICHO AC COM INTERRUPTOR	1	R\$ 6,00	R\$ 6,00
FIXADOR DE FIO (CARTELA)	1	R\$ 4,67	R\$ 4,67
PINCEL TRINCHA	1	R\$ 4,02	R\$ 4,02
TINTA A BASE DE ÁGUA, BRANCA OU PRETA (TINTA CORALIT 0,9L BRANCA)	1	R\$ 31,00	R\$ 31,00
LIXA D'ÁGUA	1	R\$ 2,10	R\$ 2,10
SOLDA 40/60	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
CAIXA PLÁSTICA ORGANIZADORA, COM TAMPA - 23 X 36 X 49 CM (OPCIONAL)	1	R\$ 51,40	R\$ 51,40
TOTAL			R\$ 332,26

A montagem proposta neste roteiro utiliza suportes de madeira e de PVC, para o gerador de alta tensão e para o receptor das ondas eletromagnéticas. Para a montagem, as ferramentas necessárias, são:

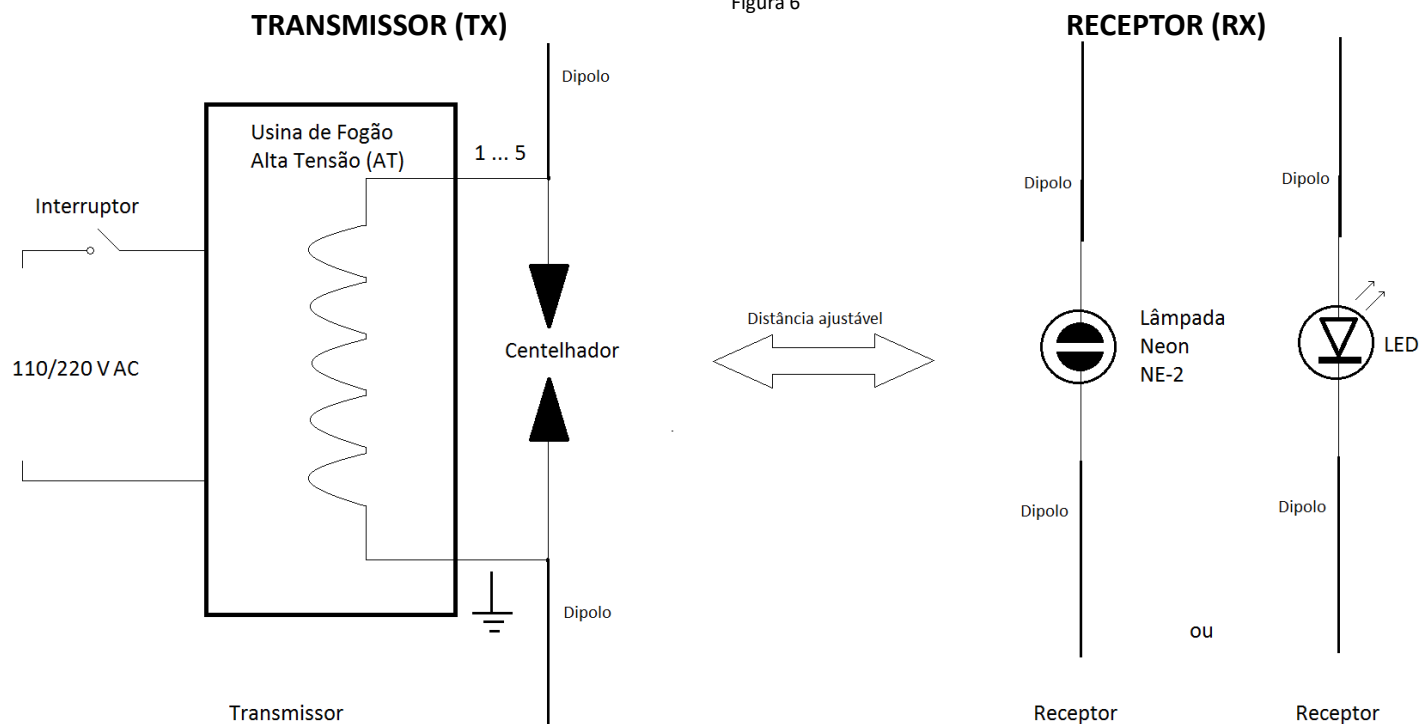
Quadro 2

FERRAMENTAS	QUANTIDADE
FERRO DE SOLDAR 30 WATTS	1
ALICATE DE CORTE	1
CHAVE DE FENDA	1
FURADEIRA ELÉTRICA	1
BROCAS PARA METAL/PLÁSTICO/MADEIRA (DIÂMETRO DE ACORDO COM OS PARAFUSOS)	1
SERRA DE AÇO RÁPIDO 30 CM	1
PINCEL/TRINCHA	1
TRENA/RÉGUA	1
LÁPIS/CANETA	1

ATENÇÃO: esta atividade deve ser conduzida apenas com a supervisão do professor, devido às altas tensões envolvidas.

Diagrama Elétrico

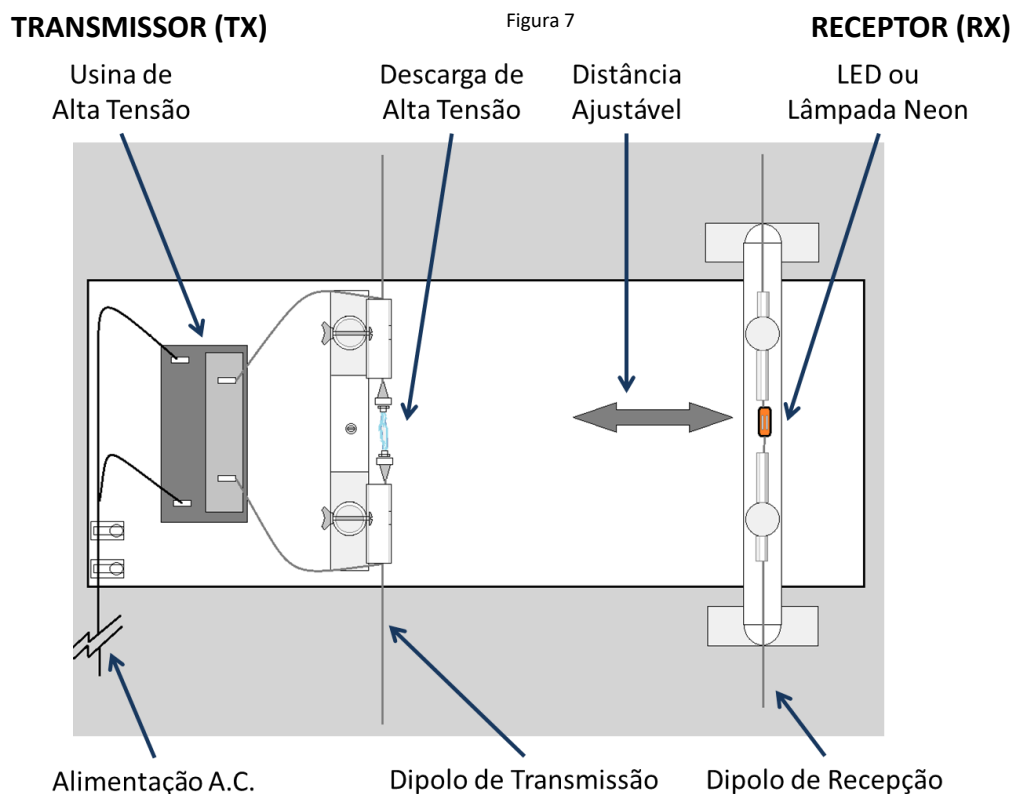
Figura 6



A usina de ignição – originalmente usada como acendedor de fogão – é alimentada pela rede elétrica de 110/220 V. Quando o interruptor é acionado, o circuito do transmissor, (TX) composto pela usina e as velas de fogão, gera alta tensão entre os terminais da usina (escolher terminais de 1 a 5) e o “terra”, ver Figura 15. Esta tensão aplicada aos dois fios das “velas de fogão”, cujos eletrodos “centelhadores” são mantidos a distâncias ajustáveis, permitirá a produção de descargas de alta-tensão. Os próprios fios das “velas de fogão” servem como antenas de transmissão das ondas eletromagnéticas. Experimentos com dipolos com tamanhos definidos por comprimento de onda podem ser acrescentados ao produto proposto.

No lado da recepção (RX): é utilizada uma lâmpada neon ou LED de alta sensibilidade e alto brilho, cujos terminais são ligados a dois fios – num circuito aberto - que formarão a antena dipolo. Dependendo da distância da lâmpada neon ou LED até o transmissor, a lâmpada neon ou LED acenderá intermitentemente, enquanto a bobina de ignição estiver energizada. Figura 6.

ATENÇÃO: esta atividade deve ser conduzida apenas com a supervisão do professor, devido às altas tensões envolvidas.

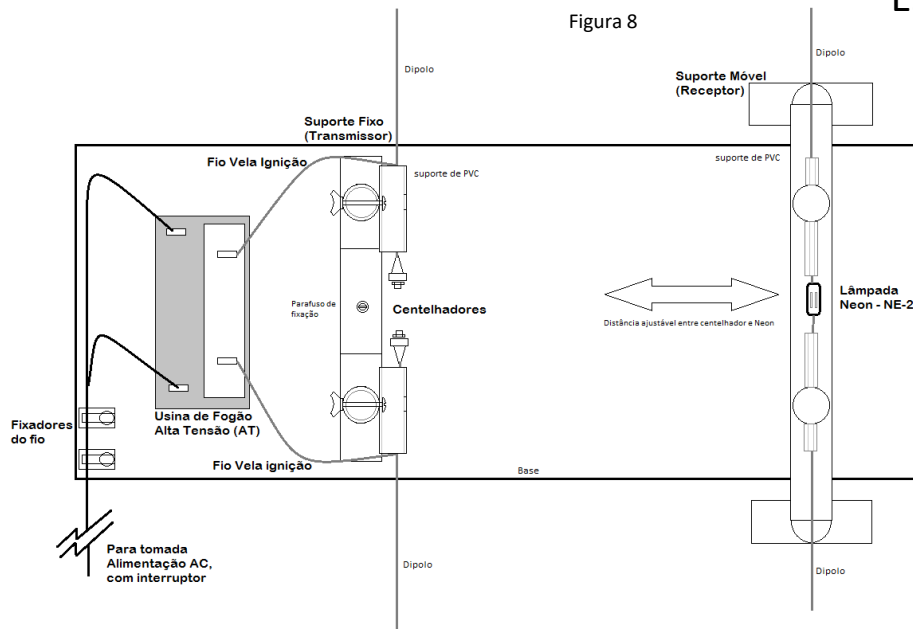


A montagem do Experimento de Hertz compreende a construção de dois suportes de PVC: a) um suporte fixo preso à base de madeira, com braços articulados para as velas “centelhadoras” de alta tensão do transmissor (TX) e b) outro suporte, este móvel, apenas apoiado à base de madeira, que será a estrutura de sustentação da lâmpada neon e dos fios do dipolo da antena (acomodados nos tubos de PVC, utilizando os tubos aproveitados das canetas esferográficas) – que é o lado do receptor (RX), ver Figura 8. Alternativamente, pode ser utilizado um suporte de PVC em formato de T, para experimentos com dipolos de tamanhos diversos ligados a um LED, usando fios “jumper”, ver Figura 11.

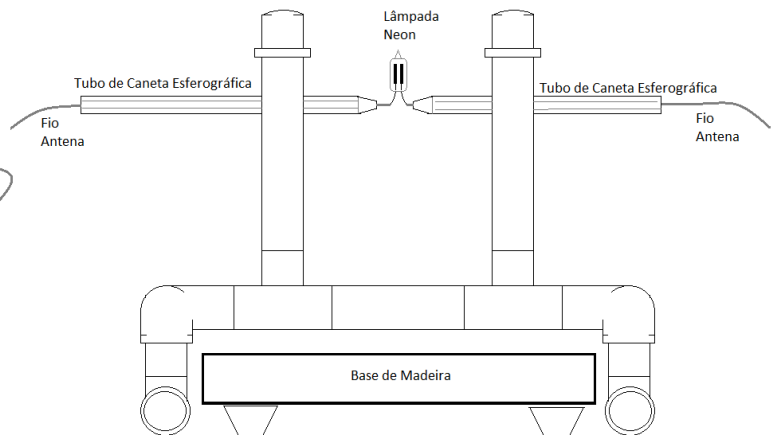
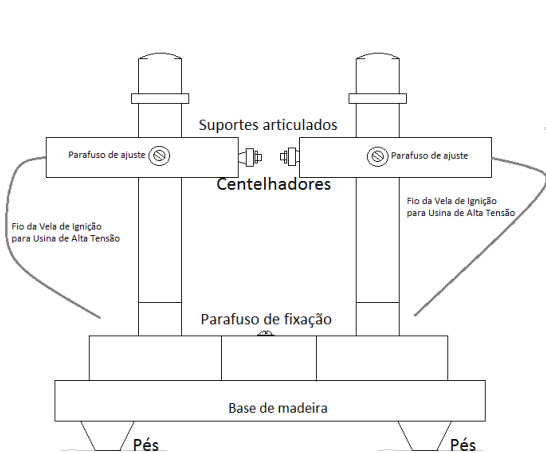
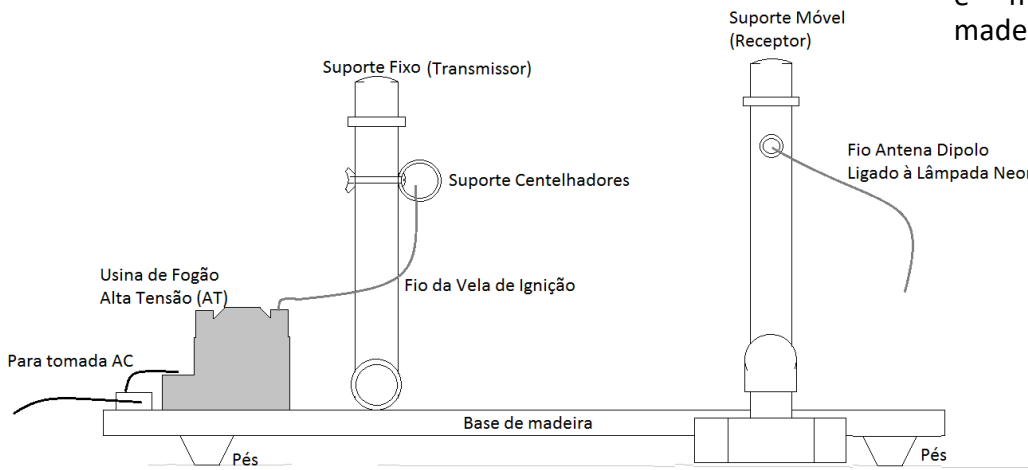
A base de madeira também é utilizada para afixar a usina de fogão, geradora da alta tensão, e para prender o rabicho com a tomada para alimentação 110/220V, conforme ilustra a Figura 7. Detalhamento nos diagramas de construção das Figuras 8, 9, 10.

A Figura 9 apresenta outra sugestão de montagem, com os suportes feitos com Papel Paraná.

Figura 8



Diagramas construtivos propostos, com estruturas de PVC, fixa e móvel, base de madeira.



Esquemas de Montagem

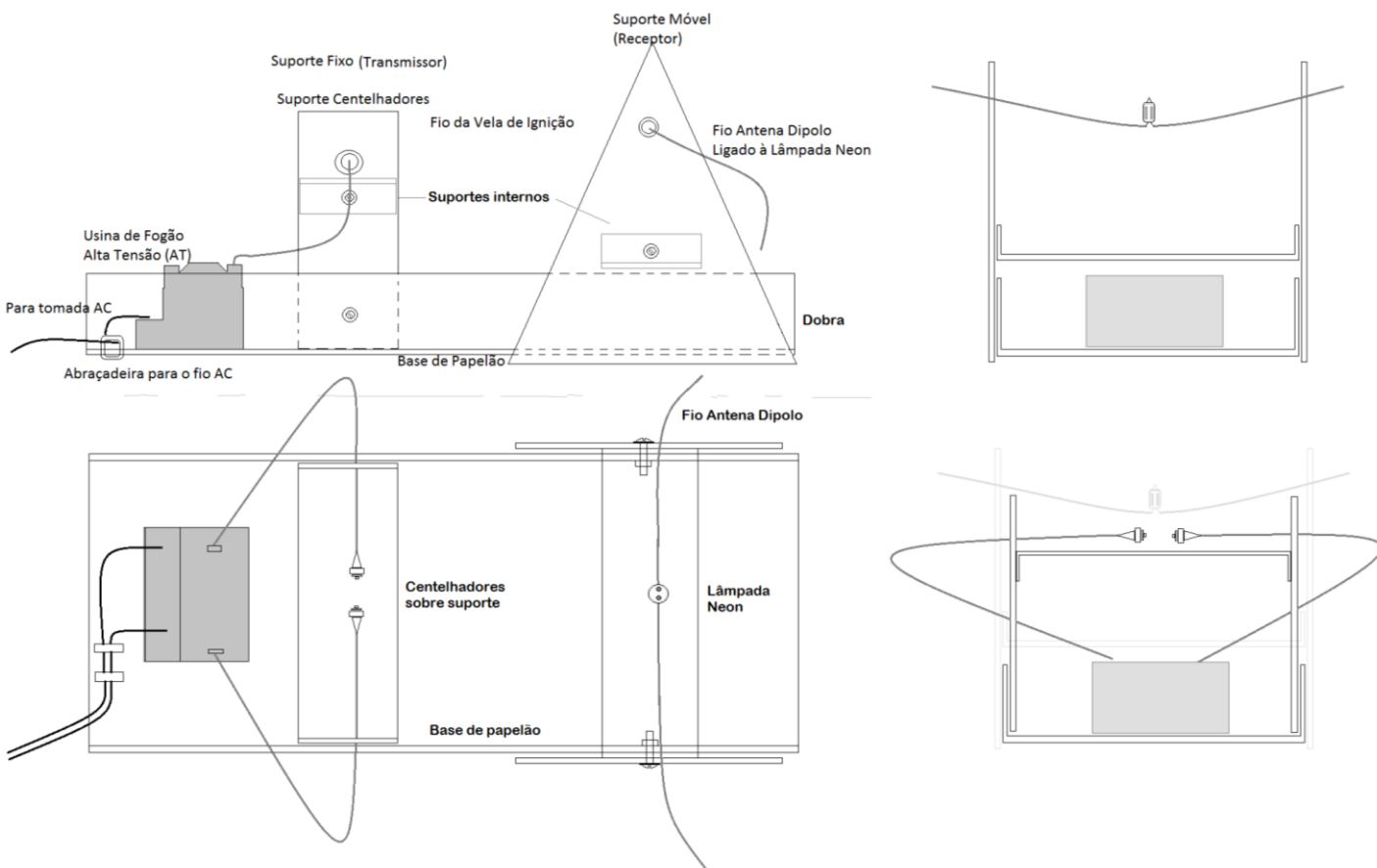
Origami: Suporte de papelão.

Sugestão de montagem provisória:

Figura 9, com o diagrama de construção com recursos simplificados, utilizando papel paraná para o suporte dos elementos transmissor e receptor. Sugere-se a utilização de parafusos com porcas para prender o papel.

São necessários cuidados especiais com a interligação dos elementos elétricos de modo a não ocorrer curtos-circuitos. Sugere-se a utilização de abraçadeiras plásticas para prender os fios e fitas isolantes.

Figura 9



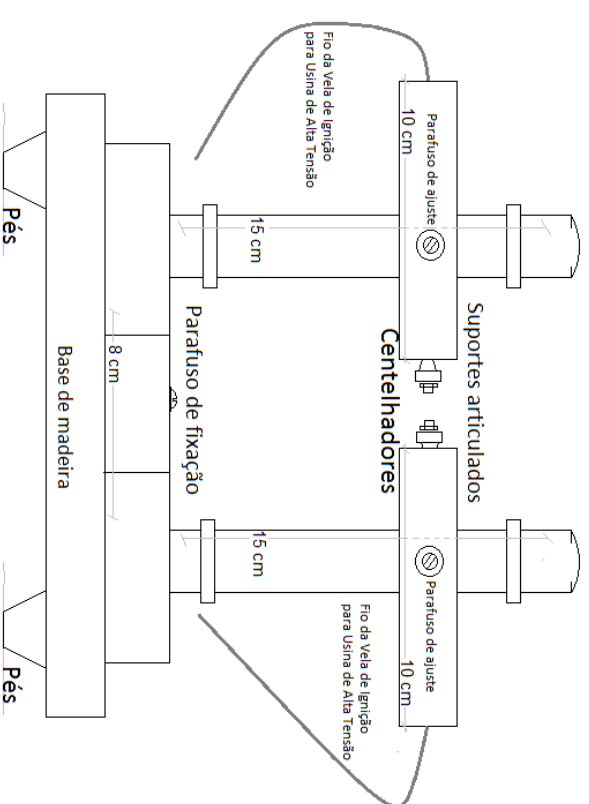


Figura 10

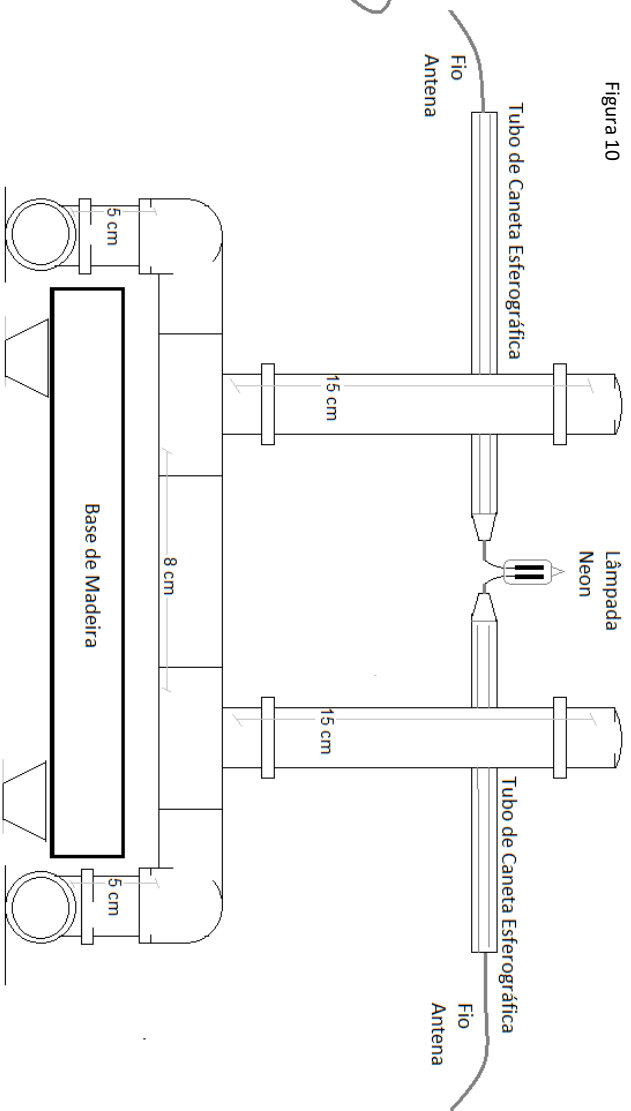


Figura 12: Detalhes da montagem, com a indicação das medidas dos tubos de PVC e da sua localização nos suportes. Canetas esfográficas foram aproveitadas como suportes da lâmpada neon.

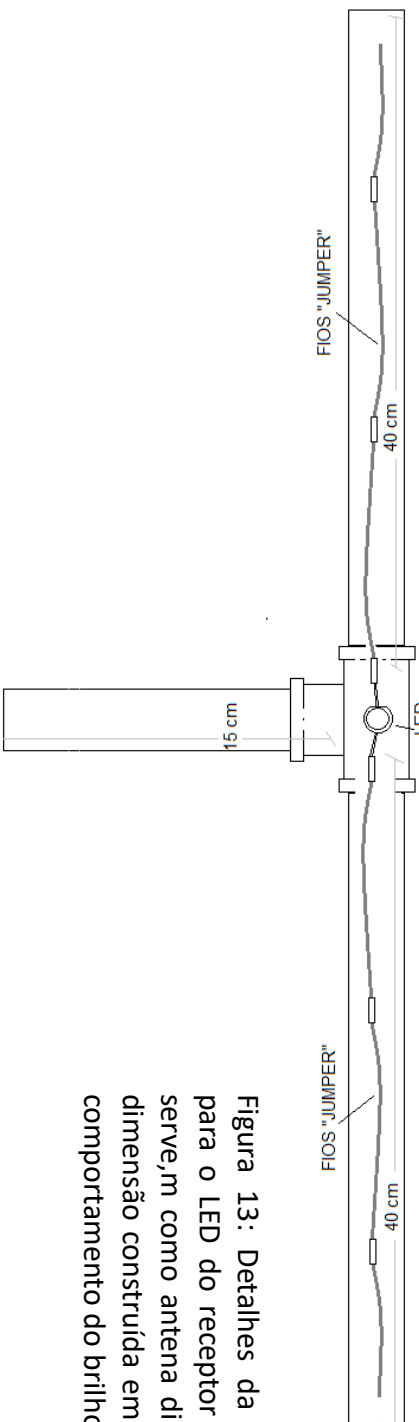


Figura 11

Figura 12

Figura 13

Figura 13: Detalhes da montagem do suporte para o LED do receptor (RX). Os fios "jumper" serve,m como antena dipolo, e podemos ter sua dimensão construída em etapas, para verificar o comportamento do brilho do LED.

Procedimentos de Montagem

Cortar com a serra de aço rápido o tubo de PVC em pedaços com as seguintes medidas e quantidades:

Quadro 3

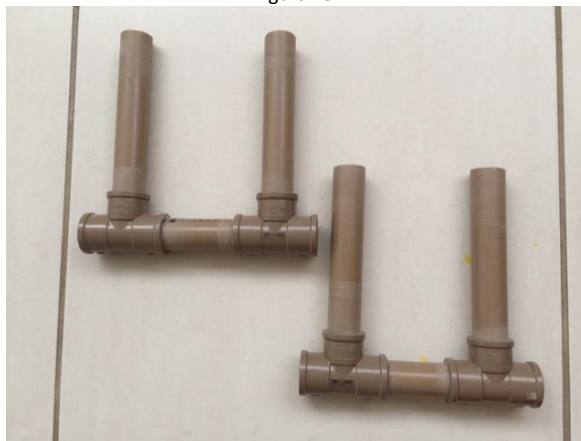
TAMANHOS	QUANTIDADES
15 cm	4
10 cm	2
8 cm	2
5 cm	2
TOTAL DE PVC	106 cm
Suporte para LED (opcional), Figura 11:	
15 cm	1
40 cm	2

Lixar as rebarbas e as extremidades dos tubos para facilitar o encaixe;
 Conferir se os tubos lixados encaixam com facilidade nas conexões e, se preciso, lixar mais, Figura 12;
 Colar os tubos nas respectivas conexões de T, e joelhos, de modo a compor as seguintes estruturas dos suportes de PVC, Figura 13, 14, 15, 16;

Figura 12



Figura 13



Após colados, furar os tubos de 15 cm à altura de 10 cm, com as seguintes características:
 para o suporte do transmissor, furar dois tubos de 15cm, com broca de 1/4", ou equivalente à bitola dos parafusos usados, para a passagem dos parafusos dos braços articulados, Figura 10;
 Furar também um tubo de 8 cm no meio, usado para suporte do transmissor, para prender este suporte à base de madeira, Figura 10;

Furar dois tubos de 15 cm, com broca de 1/2", ou equivalente aos parafusos usados, para o suporte móvel, no lado do receptor, para passagem dos tubos das canetas esferográficas, que serão suporte à lâmpada neon e os fios do dipolo de recepção; Usar o outro tubo de 8 cm para completar a base do suporte móvel, Figuras 10 e 13;

Marcar 6 cm e furar 02 dos tubos de PVC de 10 cm que serão suportes articulados para os fios das "velas" de ignição. Atentar para que um dos lados do furo seja suficiente para o cabeçote do parafuso passar com facilidade;

Parafusar o suporte fixo à base de madeira e parafusar a usina de ignição de fogão próxima a esta base;

Parafusar os tubos articulados, de 10 cm, que serão suporte para os centelhadores, feitos de "velas" de fogão;

Soldar os fios do rabicho AC e prender o fio da tomada na base de madeira com os fixadores de fio, travando-os com as abraçadeiras de nylon.

Conectar os fios das velas à usina de ignição. Um dos fios deve ser ligado ao terminal comum (terra) e o outro a um dos terminais livres (1 a 5), ver Figura 15;

Cortar o fio de 0,14mm em dois pedaços de 1m, desencapar uma das extremidades de cada fio e soldar cada extremidade a um dos terminais da lâmpada neon, formando a antena de recepção;

Utilizar os tubos das canetas esferográficas como apoio para a lâmpada neon, que deverá ficar na posição central, e os fios da antena de recepção, que ficarão nas extremidades;

A montagem do aparato está ilustrada nas Figuras 14, 15, 16.

Conferir todas as etapas da montagem. Afastar os eletrodos das "velas", deixando uma distância de 1 cm entre eles. O suporte móvel com a lâmpada neon deve ficar a uma distância de 10 a 15 cm do transmissor, sem que seus fios toquem no transmissor;

PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA:

Nunca manusear os eletrodos do centelhador com a tomada ligada;

Ao ligar o interruptor, descargas de alta tensão deverão saltar imediatamente entre os eletrodos do centelhador, mesmo sem a descara, altas tensões estão presentes no circuito.

Ligar a tomada à rede elétrica;

Ligar o interruptor.

A lâmpada neon deverá acender concomitantemente, no momento das descargas.

Como a luminosidade da lâmpada neon é baixa, convém fazer o primeiro teste num ambiente com pouca iluminação.

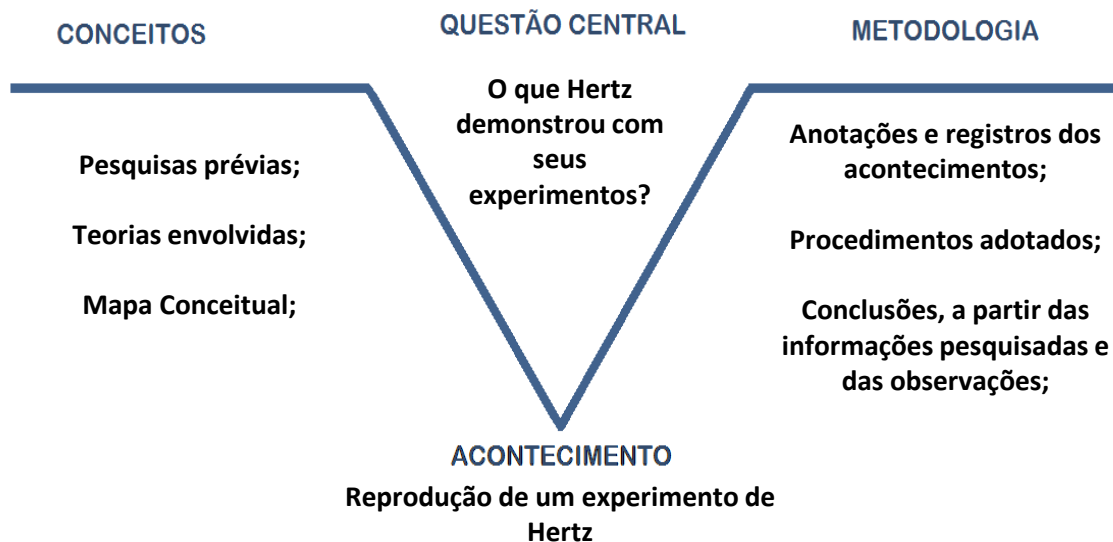
ATENÇÃO: esta atividade deve ser conduzida apenas com a supervisão do professor, devido às altas tensões envolvidas.

Após concluída a montagem, com a supervisão do professor e participação dos estudantes, realizar experimentos e observações com base nos conhecimentos prévios e novos conhecimentos adquiridos.

Deve-se incentivar a observação, análise e registro do que acontece no experimento, com o Diagrama em Vê como referência da atitude investigativa. Resgatar as pesquisas realizadas e o Mapa Conceitual.

No exemplo abaixo, sugerimos uma questão central, mas outras podem ser adotadas.

Figura 17



O que se observa quando...

... O interruptor geral é ligado, como se comporta a descarga elétrica?

Com o LED:

Sem fios ligados aos seus terminais; Com apenas um dos fios (de um lado do LED); Com dois fios (um em cada terminal do LED) – forma-se um DIPOLO; Com a extensão de fios para cada lado do dipolo;

Identifique o circuito Transmissor e o circuito Receptor.

Pense no que acontece quando o TX é ligado em relação ao LED, nas diferentes configurações e com relação ao posicionamento físico. Como explicar o que acontece?

ATENÇÃO: esta atividade deve ser conduzida apenas com a supervisão do professor, devido às altas tensões envolvidas.

Sugestões de observações:

Em uma bancada, disponha o Produto Educacional Experimento de Hertz, somente com o transmissor. Os eletrodos do “centelhador” devem estar com uma separação máxima, maior do que 3 cm. Conectar a tomada à rede elétrica, com o interruptor desligado.

O que se observa nestas condições quando o interruptor é ligado?

Desligar o interruptor, aproximar os eletrodos, ligar o interruptor. O que acontece?

Como você explica o que observou?

Qual a distância limite para que o fenômeno observado ocorra?

Refaça o passo 1 com a sala completamente escura. O que se observa ao ligar o interruptor?

Como se pode explicar o que se observou?

Como calcular o valor de tensão, em kV, presente nos eletrodos?

Como explicar as condições em que as descargas elétricas ocorrem?

Como calcular o valor da tensão necessária nos terminais do centelhador para que ocorra a faísca?

Na mesma bancada, com o centelhador ligado, aproxime lentamente o circuito do receptor, com o dipolo (RX), sem que os fios da antena toquem nos fios do centelhador (TX).

O que se observa nestas condições?

Qual a influência da distância?

Quais as diferenças quando se utiliza a lâmpada neon e o LED?

O que acontece se pusermos um anteparo metálico (papel alumínio) entre o TX e o RX?

O que acontece se pusermos um anteparo isolante (papel, plástico, etc.) entre TX e RX?

Como explicar as questões 4 e 5?

Verifique o que ocorre quando o LED é utilizado com o fios “jumper” em diversos comprimentos diferentes.

Exemplo de cálculo: Se a rigidez dielétrica do ar é de 3.000.000 V/m, então qual a tensão presente nos terminais do faiscador do Simulador de Hertz se a separação entre os eletrodos for de 1 cm?

ATENÇÃO: esta atividade deve ser conduzida apenas com a supervisão do professor, devido às altas tensões envolvidas.

Hertz queria provar a teoria de Maxwell. No Século XIX ainda não existiam computadores com *softwares* avançados onde pudesse simular o comportamento das ondas eletromagnéticas. Relembre a teoria de Maxwell e pense em como poderia demonstrá-la.

O que Hertz fez? Como fez? A quais resultados chegou? Como funciona o Experimento de Hertz construído para esta aula? Ao final dos experimentos, compare sua concepção à de Hertz.

Como as descobertas e os artefatos que Hertz criou ajudaram a transformar o nosso modo de vida desde o final do Século XIX até hoje?

A montagem do experimento ajudará a responder a estas questões, mas outras questões são bem-vindas.

Você sabia que Hertz não tinha pensado em utilização prática para seus experimentos? O que você acha disso?

Qual o impacto de suas descobertas para o seu cotidiano?

Como as pesquisas de Hertz contribuíram para a Radioastronomia?

Aproxime um receptor de rádio AM - Amplitude Modulada/OM - Ondas Médias do lado do transmissor ligado, a cerca de 40 cm de distância e escolha uma frequência livre. Captou algo?

Qual a frequência do sinal captado? Como calcular seu comprimento de onda?

Escolha uma frequência na qual captou o ruído e calcule o seu comprimento de onda.

O que significa a captação deste sinal?

A quais conteúdos que você já conhece podemos associar a este experimento?

Sugestões de vídeo:

Electromagnetic Wave Heinrich Hertz's Experiment:

<https://www.youtube.com/watch?v=QZXYFr5YHew>

Sugestões de leitura:

A History of Wireless Telegraphy (2nd edition, revised), J. J. Fahie, 1901, pages 176-261:

<http://earlyradiohistory.us/1901fa23.htm>

Sugestão de sites:

Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – GREF: ELETROMAGNETISMO:

<http://www.if.usp.br/gref/eletromagnetismo.html>

Interactive Tutorials. Electromagnetic Wave Propagation (© 1998-2015 by Michael W. Davidson and The Florida State University. All Rights Reserved):

<https://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/polarizedlight/emwave/>



ROTEIRO DE CONSTRUÇÃO E DE EXPERIMENTOS

MARCELO LAGO ARAÚJO

Orientadores: Germano Pinto Guedes
 Marildo Geraldête Pereira



RÁDIO DE GALENA ADAPTADO

Uma das personalidades históricas responsáveis pela popularização do rádio foi Guglielmo Marconi (1874 - 1937), Figura 1. Ele percebeu aplicações práticas para as ondas eletromagnéticas quando soube dos experimentos de Hertz, utilizando-as para comunicações a longas distâncias, sem fios (GILLISPIE, 2007, p. 1118).

Historicamente, o rádio de galena é assim denominado por ter sido um dos receptores mais simples, que utilizava uma antena ligada a um cristal de galena e um fio, denominado “bigode de gato” *catwhisker*, que era utilizado para encontrar um ponto ótimo para a detecção do sinal, de amplitude modulada (AM).



Figura 1

Fonte: https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1909/marconi-facts.html

O receptor adaptado, por questões práticas, utiliza uma bobina (constituída por várias espiras de fio) como antena que também faz parte do circuito de sintonia, ligada em paralelo com um capacitor variável e o cristal de galena é substituído por um diodo de germânio. Originalmente, utilizava-se como antena um longo fio suspenso e era necessária uma interligação a um fio terra, para se garantir uma recepção de melhor qualidade. Como o sinal recebido é muito fraco, usava-se um fone de cristal de alta impedância e alta sensibilidade, mais comum no início do século XX, para ouvir as estações. No receptor apresentado, em vez de fones, ligamos a saída a um amplificador de som, do tipo usado em computadores, por essas modificações usamos o termo “adaptado”.

Os rádios inicialmente desenvolvidos por Marconi guardavam semelhanças construtivas com os aparatos que Hertz desenvolveu para demonstrar a existência das ondas eletromagnéticas. Aos poucos, porém, Marconi aperfeiçoou antenas, osciladores e receptores. Pesquisou sensores para detectar o sinal de radiofrequência (RF), utilizando-os para a telegrafia sem fio.

Um exemplo é um dispositivo chamado “coesor”, que era o responsável por detectar as ondas de rádio. Era um componente composto por um tubo de vidro preenchido com limalha metálica, ajustando-se a quantidade para possuir alta resistência elétrica. O valor da resistência era subitamente reduzido na presença de sinal elétrico de alta frequência de rádio em seus terminais, vindo do circuito de sintonia e da antena. Posteriormente, a detecção do sinal também foi realizada com elementos químicos como o cristal de galena.

Com a evolução da eletrônica, as válvulas à vácuo permitiram a construção de receptores muito sensíveis e seletivos, capazes de sintonizar emissoras remotas. Com a invenção do transistor, os receptores de rádio tornaram-se portáteis e muito difundidos.

Com receptores mais sensíveis e seletivos, a era da Radioastronomia poderia começar.

Rádio AM, faixa de OM

É comum haver alguma confusão com os termos utilizados, mas é importante esclarecermos que:

AM, significa AMPLITUDE MODULADA, que é o tipo de modulação utilizada para que o sinal de áudio modulante (voz, música, efeitos sonoros) seja transmitido pelo sinal de rádio, que é a onda portadora, nas emissoras comerciais de OM. Esta é outra sigla que significa ONDAS MÉDIAS, ou seja, a denominação dada historicamente, e utilizada até hoje, à faixa de operação ocupada no espectro eletromagnético para a radiodifusão, na Faixa de 525 kHz a 1605 kHz, no Brasil.

Temos, então, alguns conceitos:

Portadora – Sinal senoidal, analógico, com frequência maior que a do sinal modulante;

Sinal modulante – informação a ser transmitida e cujas características serão responsáveis por modular a portadora;

Modulação em AM, a amplitude do sinal senoidal, da portadora, varia em função da informação do sinal modulante. No receptor, o diodo de germânio realiza a demodulação do sinal original. Ver Figura 2.

Existem outros tipos de modulação, como FM, ou frequência modulada, em que é a frequência da portadora que varia com o sinal modulante.

A modulação em amplitude é uma das primeiras utilizadas historicamente e é a mais simples de ser demodulada, exigindo poucos componentes.

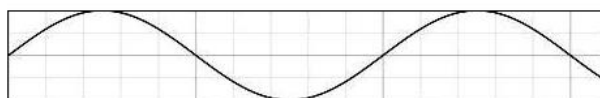
Na Figura 2, vemos que a amplitude da portadora assume uma envoltória proporcional à forma de onda do sinal modulante.

A faixa de OM ocupa a porção do espectro eletromagnético de ondas mais longas, e frequências baixas, por isso sua propagação consegue contornar grandes objetos. Lembrar da relação $v = \lambda f$. Essas ondas podem ser refletidas ou absorvidas pela ionosfera, dependendo do horário do dia.

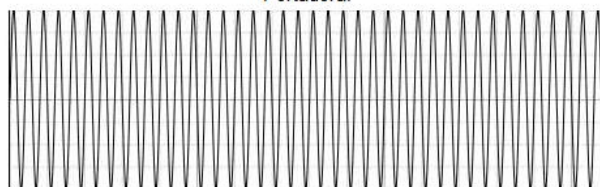
À noite é comum captarmos emissoras OM distantes centenas de quilômetros, com receptores comerciais sensíveis, devido a estas reflexões.

Figura 2

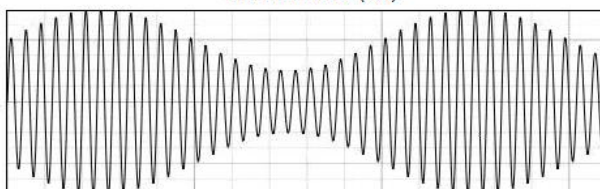
Sinal Modulante:



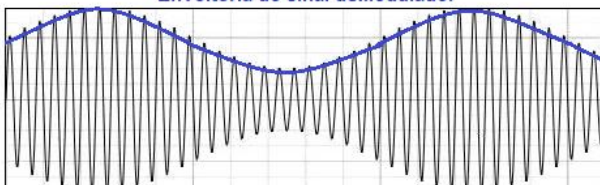
Portadora:



Sinal Modulado (AM):



Envoltória do sinal demodulado:



Com este Produto Educacional, entenderemos um dos primeiros usos práticos para as ondas eletromagnéticas de rádio, para as comunicações à distância na radiodifusão e aplicações de segurança.

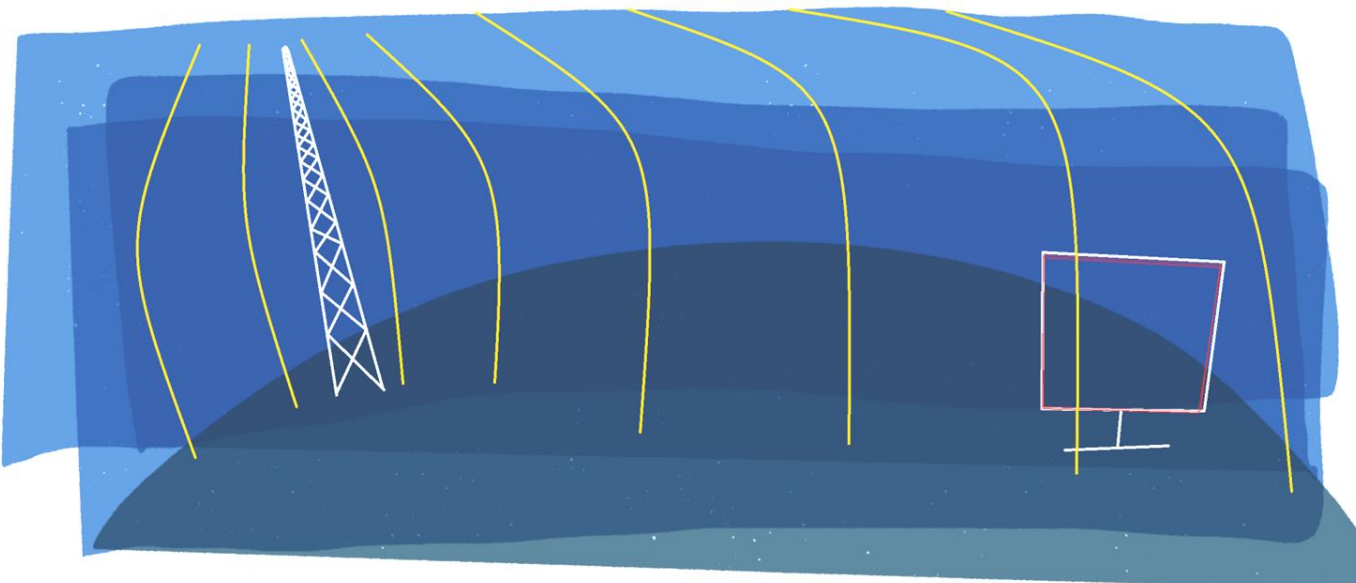
Na ilustração da Figura 3, uma torre de transmissão de rádio OM irradia ondas eletromagnéticas que são captadas pelo receptor Rádio de Galena Adaptado, localizado não muito distante da antena de transmissão.

Será possível ter noção dos elementos básicos de um enlace de comunicação, o transmissor, gerador da onda portadora modulada, e o receptor, capaz de interceptar o sinal de alta frequência com um circuito sintonizado que seleciona apenas determinada faixa de frequência. Nesta estreita faixa está a frequência transmitida pela emissora que se deseja demodular o sinal, permitindo sua detecção.

Ao montar receptor de rádio artesanal, da faixa de Ondas Médias, deve estar claro que este é um circuito extremamente simples, por isso mesmo seu funcionamento requer alguma emissora de rádio AM relativamente potente e próxima. Não havendo emissoras, o circuito pode funcionar como uma antena sintonizada para receptores de rádio OM comerciais.

De qualquer modo, será possível entender a história da Física, e sua contribuição para o desenvolvimento tecnológico que temos hoje. A “modulação, emissão e recepção de ondas portadoras como no radar, rádio, televisão ou telefonia celular” (PCN +, p. 77), as redes de computadores e telefonia móvel via rádio (Wi-Fi, por exemplo), a Radioastronomia e a pesquisa espacial são legados destas descobertas do começo do século XX.

Figura 3



Lista de Materiais

Quadro 1

MATERIAIS	QUANTIDADE	CUSTO (R\$)	TOTAL
PRATELEIRA COM SUPORTE 20X40 cm	1	R\$ 21,60	R\$ 21,60
PÉS PROTETORES ANTIIMPACTO (adesivos)	1	R\$ 21,90	R\$ 21,90
TUBO PVC 3M 1"	1	R\$ 13,50	R\$ 13,50
T PVC 1"	2	R\$ 3,20	R\$ 6,40
CAPA PVC 1"	2	R\$ 1,40	R\$ 2,80
JOELHO DE PVC 1"	4	R\$ 0,90	R\$ 3,60
COLA PARA PVC	1	R\$ 7,80	R\$ 7,80
PARAFUSO (CARTELA)	1	R\$ 5,50	R\$ 5,50
ARRUELAS (CARTELA)	1	R\$ 2,90	R\$ 2,90
PORCA (CARTELA)	1	R\$ 5,90	R\$ 5,90
FIO ESMALTADO 22 AWG	30	R\$ 1,00	R\$ 30,00
CAPACITOR VARIÁVEL (AM/FM)	1	R\$ 35,00	R\$ 35,00
DIODO DE GERMÂNIO (1N60)	1	R\$ 2,90	R\$ 2,90
CONECTOR XT60 (MACHO E FÊMEA)	1	R\$ 6,00	R\$ 6,00
CONECTOR P-2 FÊMEA	1	R\$ 4,90	R\$ 4,90
CABO P-2/P-2 MACHO	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
CAIXA DE SOM AMPLIFICADA PARA NOTEBOOK	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
FIXADOR DE FIO (CARTELA)	1	R\$ 4,67	R\$ 4,67
PINCEL TRINCHA	1	R\$ 4,02	R\$ 4,02
TINTA A BASE DE ÁGUA, BRANCA OU PRETA (TINTA CORALIT 0,9L BRANCA)	1	R\$ 31,00	R\$ 31,00
LIXA D'ÁGUA	1	R\$ 2,10	R\$ 2,10
SOLDA 40/60	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
CAIXA PLÁSTICA ORGANIZADORA, COM TAMPA - 23 X 36 X 49 CM (OPCIONAL)	1	R\$ 51,40	R\$ 51,40
TOTAL			R\$ 298,89

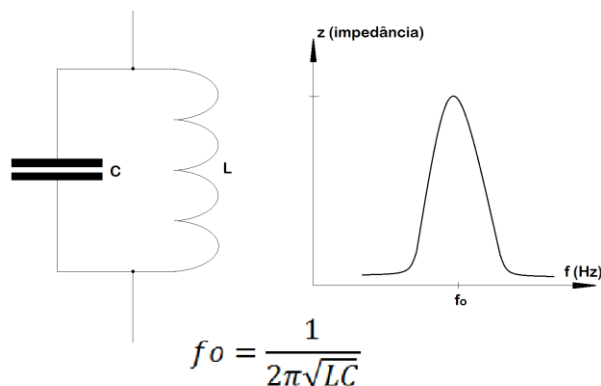
A montagem proposta neste roteiro utiliza suportes de madeira e de PVC, para o receptor. Para a montagem, as ferramentas necessárias, são:

Quadro 2

FERRAMENTAS	QUANTIDADE
FERRO DE SOLDAR 30 WATTS	1
ALICATE DE CORTE	1
CHAVE DE FENDA	1
FURADEIRA ELÉTRICA	1
BROCAS PARA METAL/PLÁSTICO/MADEIRA (DIÂMETRO DE ACORDO COM OS PARAFUSOS)	1
SERRA DE AÇO RÁPIDO 30 CM	1
PINCEL/TRINCHA	1
TRENA/RÉGUA	1
LÁPIS/CANETA	1

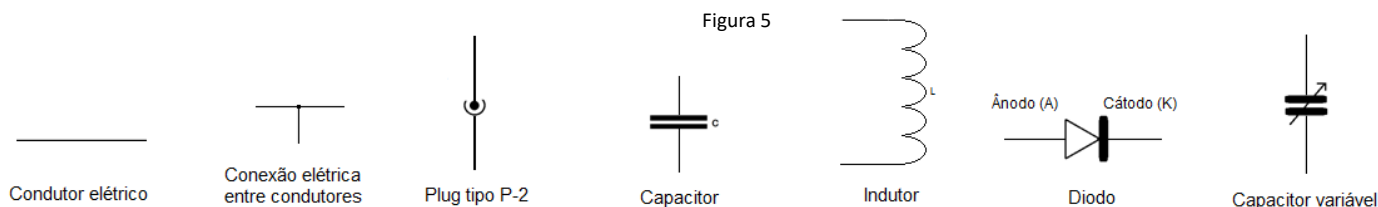
O circuito ressonante LC (bobina, L , e capacitor, C , ligados em paralelo) apresenta um comportamento tal que funciona como um circuito de sintonia para as ondas eletromagnéticas. Nos seus terminais elétricos, de L e C juntos, Figura 4, apresentará alta impedância na frequência de ressonância f_0 , permitindo que o sinal daquela frequência seja captado. Apresentará baixa impedância às demais frequências, atenuando-as fortemente, conforme gráfico da Figura 4.

Figura 4



Num receptor, os elementos L e C são calculados para a frequência desejada de operação. Neste caso, o receptor funciona para Ondas Médias (525 a 1605 kHz). O detector para demodular o sinal da emissora AM (modulado em amplitude) é um diodo de germânio - conforme o diagrama elétrico da Figura 6.

Como o sinal recebido é de baixa intensidade, recomenda-se utilizar um amplificador de áudio para ouvir o sinal recebido. Alternativamente, pode-se utilizar um fone de ouvido de alta impedância (de cristal, ou dos utilizados em aparelhos telefônicos analógicos).



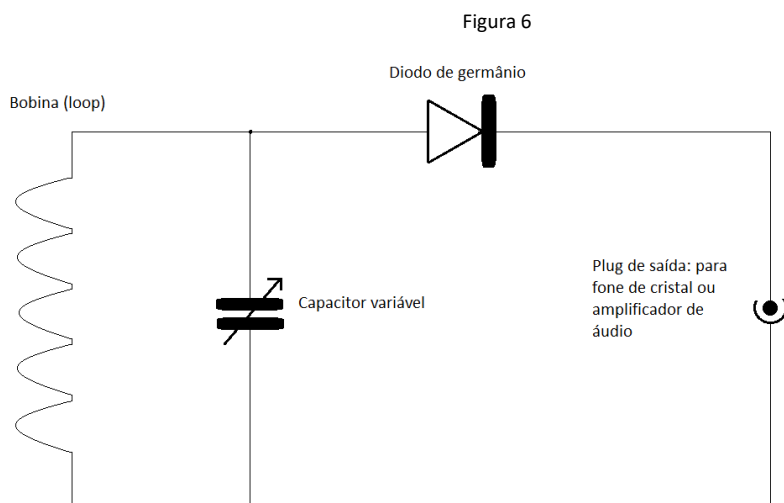
Serão utilizados componentes eletrônicos cuja simbologia é apresentada na Figura 5. O condutor elétrico é representado por uma linha. Dois ou mais condutores que estejam em conexão elétrica têm um ponto unindo-os. O plugue de saída de áudio, do tipo P-2, fêmea, comumente usado fones de ouvido em celulares.

O Capacitor, que é um componente que armazena cargas elétricas e é construído por placas metálicas internas que não se tocam, separadas por dielétrico de ar ou outro material isolante; O capacitor variável permite ajustar seu valor, para mais ou menos, continuamente, representado com uma seta. O indutor também armazena energia, a partir do campo magnético formado ao ser energizado. Estes componentes compõem o circuito de sintonia.

O diodo de germânio permite que o sinal elétrico passe por ele apenas em um sentido, convencionalmente do Ânodo para o cátodo. Ao permitir a passagem apenas da envoltória do sinal de modulação em AM, podemos recuperar a informação de áudio que foi transmitida pela emissora, desprezando a componente de alta frequência residual.

Diagrama Elétrico

O diagrama elétrico do receptor é composto por uma bobina de *loop*, com 10 espiras enroladas em um suporte de formato quadrado, de PVC, papelão ou outro material isolante, com lado igual a 40 cm. Um capacitor variável, para a faixa de frequência de AM, cuja capacitância é de maior valor, cerca de 200 a 400 pF por seção (os capacitores costumam possuir duas seções), em função de a frequência de trabalho ser mais baixa. Um diodo de germânio 1N60, ou 1N34, que são componentes próprios para lidar com os sinais de baixa intensidade presentes no circuito *LC*. Um plugue fêmea, tipo P2, para conectar a saída de áudio a um amplificador ou fone de ouvido de alta impedância, ver Figura 6.



O indutor construído terá um valor fixo de indutância. A construção da bobina deve utilizar fio esmaltado, que possui um verniz isolante, ou fio com capa plástica, do tipo 22 AWG (que é a padronização da bitola). Para possibilitar a sintonia de diversas estações, o capacitor variável é o responsável por alterar a frequência de ressonância do circuito *LC*.

A orientação da bobina em loop também é importante para melhorar a recepção do sinal, pois a onda de rádio em Ondas Médias é polarizada verticalmente e a bobina loop é muito eficiente em rejeitar o sinal caso a orientação da sua polarização esteja errada.

O diodo, um componente com dois terminais, possui uma marcação em seu invólucro que define o cátodo (K). Este lado marcado do diodo será interligado ao plugue de saída de áudio, ver Figura 7.

Esquemas de Montagem

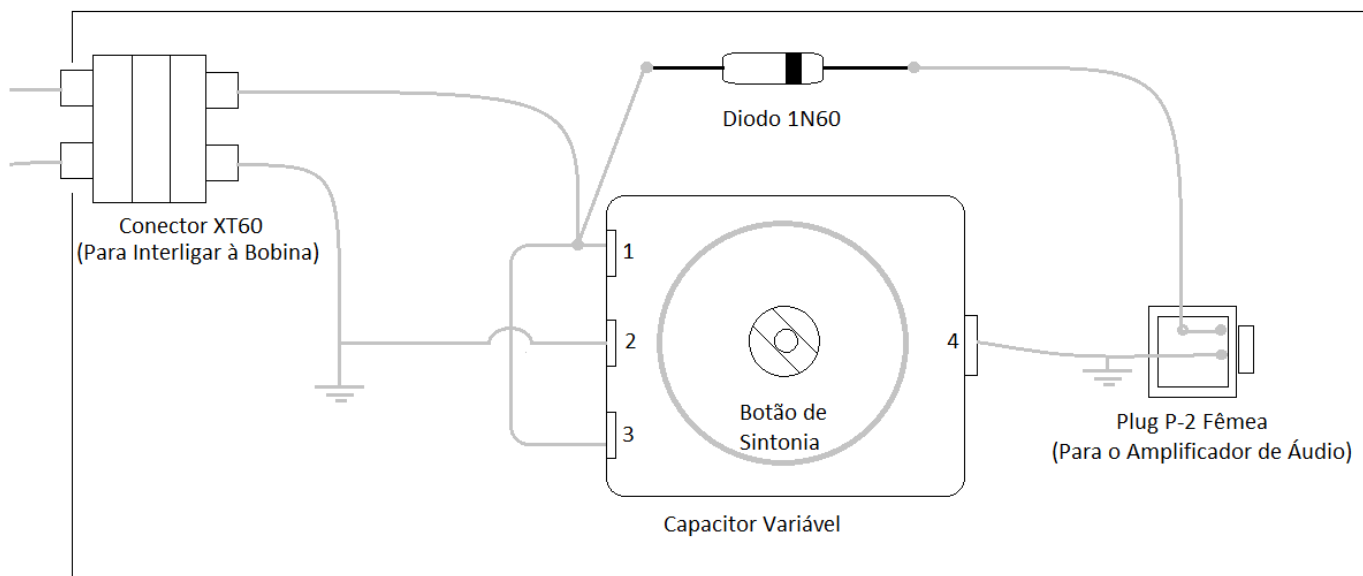
Vemos no esquema da Figura 7 como interligar os fios da bobina com o capacitor e o diodo. Neste caso, com a inclusão de um conector tipo XT60, para o caso de a bobina em *loop* também ser utilizada no Produto Educacional **Simulador de Pulsar**.

Vemos que as duas seções do capacitor variável (1 e 3) estão ligadas em paralelo e são um ponto comum de ligação com o diodo.

Observar que o cátodo do diodo (com marcação preta na ilustração) está interligado ao plugue de saída de áudio.

O terminal central (2), do capacitor variável é interligado internamente ao terminal 4, estes dois terminais serão a referência de terra do circuito, interligado ao ponto comum do plugue de saída de áudio.

Figura 7



Como o conector XT60 é opcional, os fios da bobina podem ser soldados diretamente no capacitor variável. Sua utilização é justificada somente caso a bobina de loop seja utilizada em outro Produto Educacional, como o Simulador de Pulsar;

O capacitor variável pode ser de outro modelo, desde que para a faixa de frequências de Ondas Médias e os terminais sejam corretamente identificados.

Caso se opte por fone de alta impedância, os de cristal são difíceis de encontrar, há os fones de aparelhos telefônicos analógicos, de alta impedância, que podem ser testados.

Esquema de Montagem

Figura 8

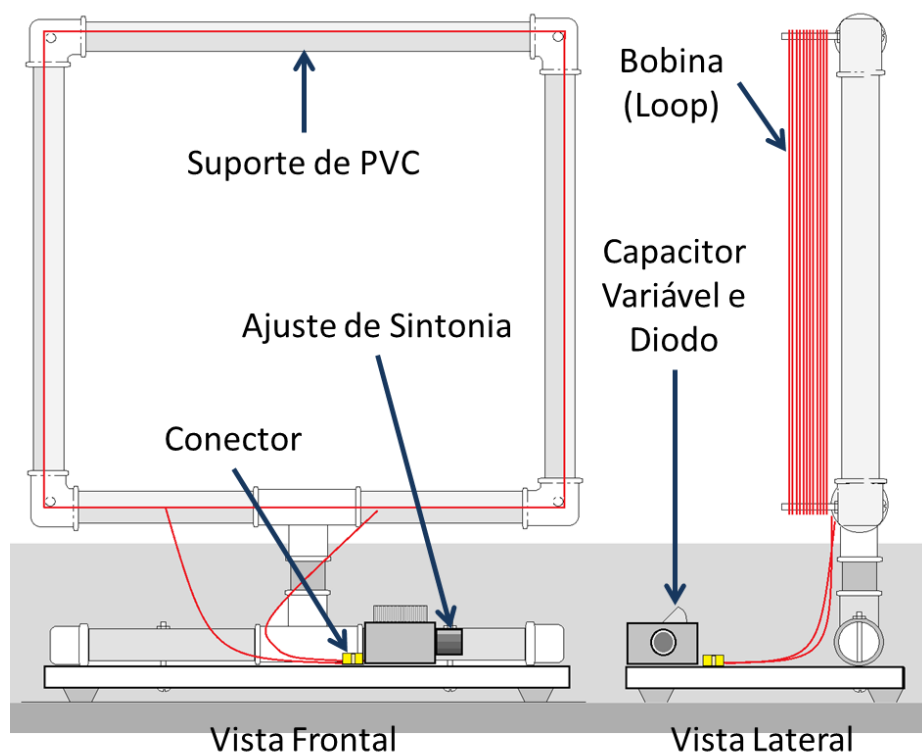


Diagrama simplificado de montagem, destacando:

Bobina montada no suporte de PVC, presa à base de madeira

Suporte da bobina, com quatro parafusos nos vértices para apoio dos fios;

Capacitor variável, que é ligado ao diodo de germânio e ao conector para o fone de alta impedância ou amplificador de áudio (não ilustrados).

Procedimentos de Montagem

Para esta versão do Rádio de Galena Adaptado, com estrutura de PVC e madeira:

PREPARAÇÃO DO SUPORTE DE PVC

Cortar com a serra de aço rápido o tubo de PVC, em pedaços com as seguintes medidas e quantidades, com as ferramentas, Figura 9:

Quadro 3

TAMANHOS	QUANTIDADES
40 CM	3
15 CM	4
5 CM	1
TOTAL DE PVC	185 CM

Lixar as rebarbas e as extremidades dos tubos para facilitar o encaixe;

Conferir se os tubos lixados encaixam com facilidade nas conexões;

Colar os tubos nas respectivas conexões de T, e joelhos, de modo a compor a seguinte estrutura de suportes de PVC, para a bobina de loop, Figura 10.

Figura 9



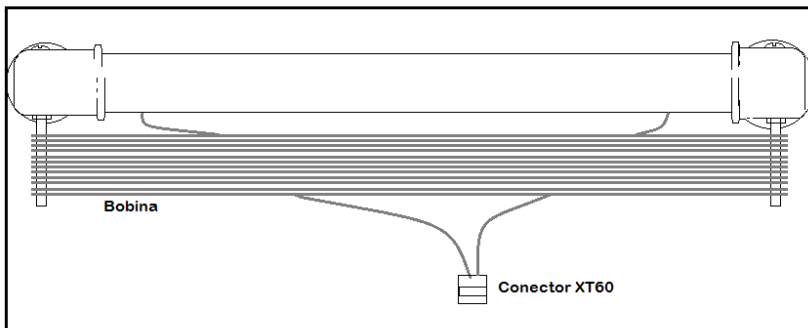
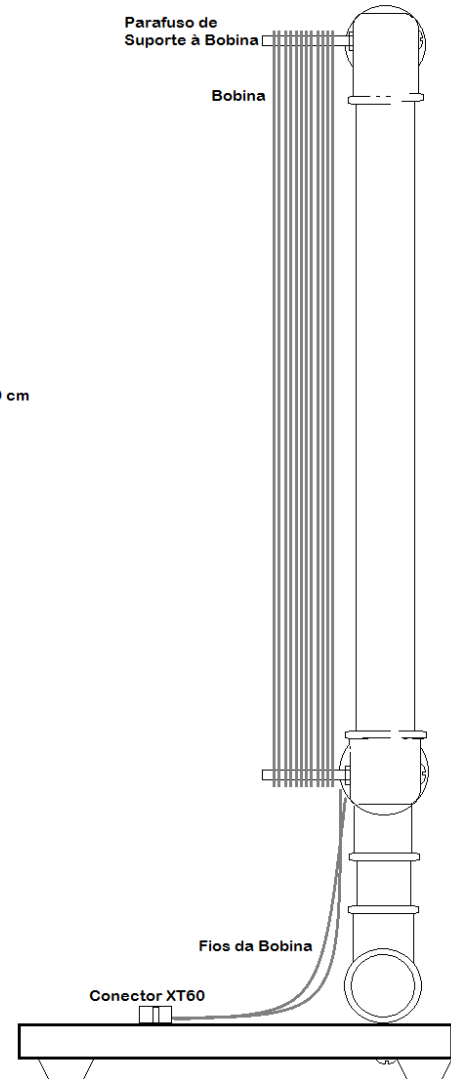
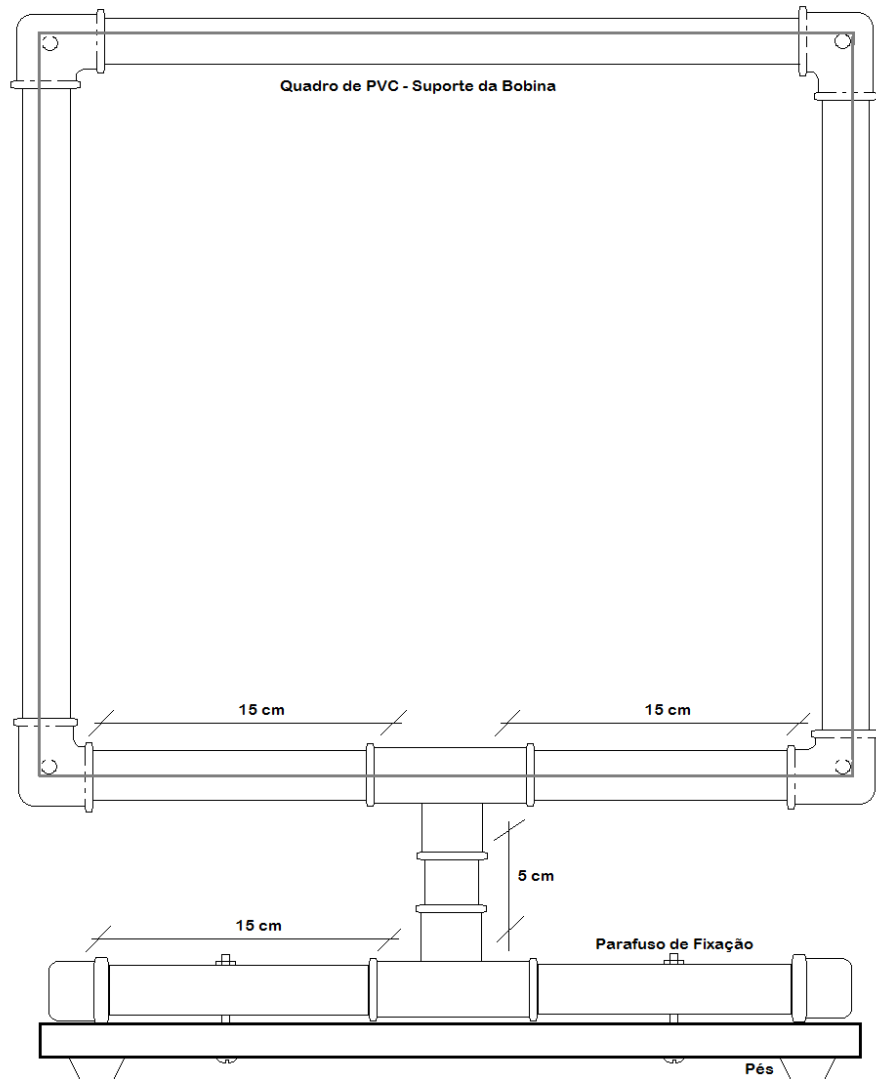
Figura 10



Após colados, furar os tubos de 15cm que são a base da estrutura de PVC e que serão parafusados à base de madeira de 20x40 cm. Furar com broca de 1/4", ou equivalente aos parafusos usados, suficiente para a passagem dos mesmos;

Furar também a base de madeira, na mesma medida do furo da base do quadro de PVC;

Figura 11



Diagramas construtivos propostos, com estruturas de PVC, para suporte da bobina. Este mesmo tipo de estrutura será usado no Simulador de Pulsar

Esquema de Montagem Opcional

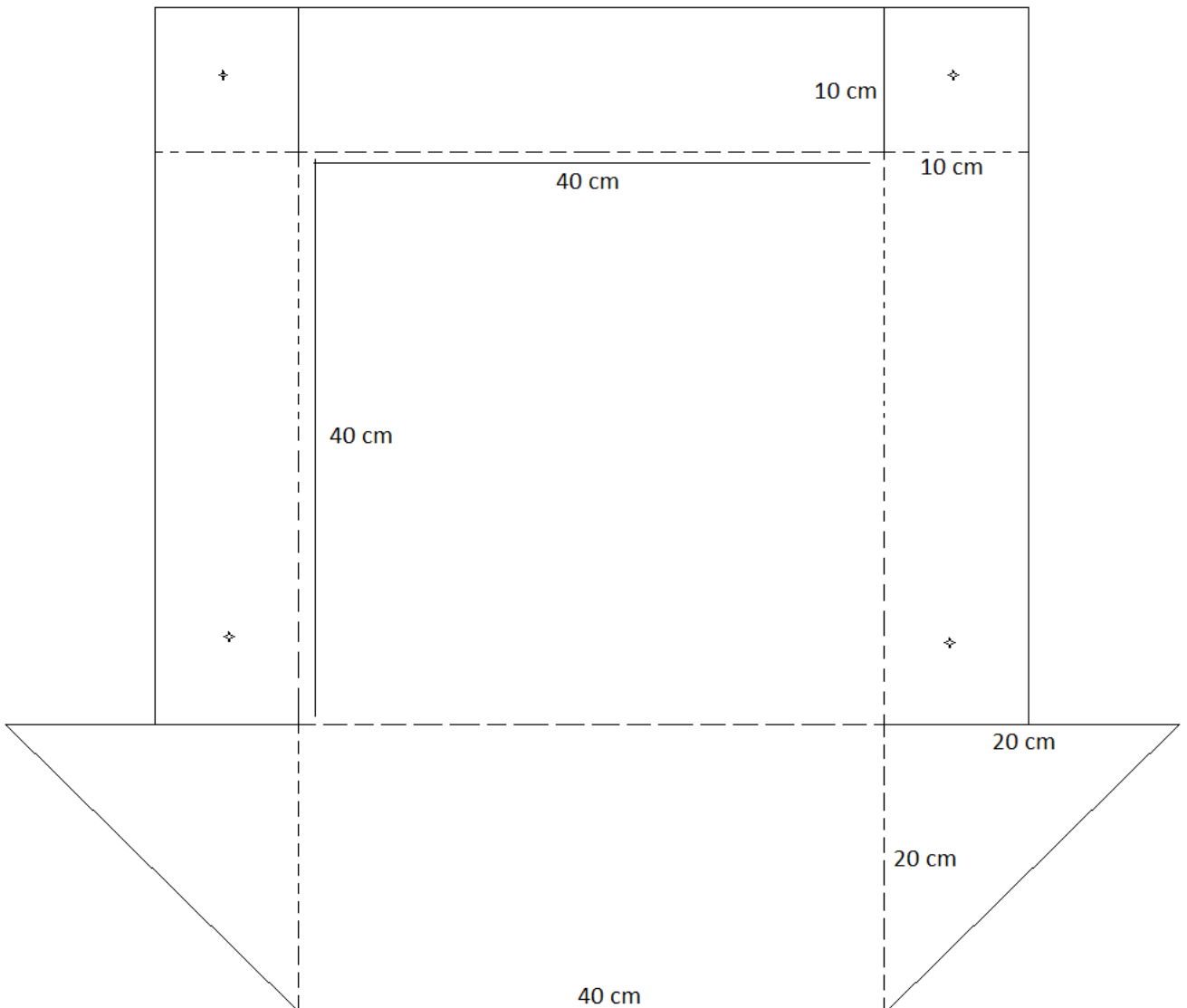
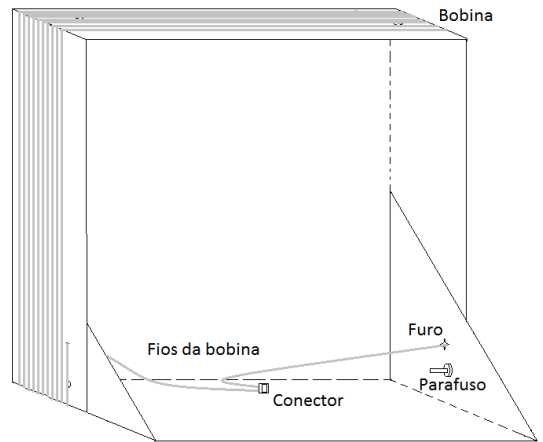
Origami: Suporte de papelão.

Diagrama construtivo alternativo proposto, com estrutura de papel paraná, com as medidas para o suporte da bobina e acomodar o circuito de sintonia;

Nas linhas pontilhadas o papel será dobrado. Recomenda-se fazer um sulco com estilete para facilitar a dobra;

Para prender o papel e manter a forma quadrada de 40 cm por 40 cm, recomenda-se usar parafusos com porca para manter o formato do suporte estável.

Figura 12



PREPARAÇÃO DO SUPORTE DE PVC

Furar nos quatro cantos do quadro de PVC, nos joelhos que conectam os tubos. Estes furos darão passagem aos parafusos com porcas que servirão de suporte ao fio da bobina. No protótipo montado foram usados tubos de canetas esferográficas, mas por serem frágeis aconselha-se usar parafusos;

Fazer um furo em cada lado da parte inferior do quadro de PVC (nos tubos de 15cm), para passagem dos fios da bobina, para que fiquem presos;

Opcionalmente, recomendamos pintar a estrutura do quadro de PVC com tinta branca e esperar secar, duas a três demãos são suficientes;

Passar quatro parafusos nos respectivos furos, dos quatro cantos do quadro, e prendê-los com as respectivas porcas;

Enrolar dez voltas do fio esmaltado 22 AWG, ou equivalente. Usar os furos do item 1.8, para mantê-los presos, bem como as abraçadeiras de plástico, com travas (a quantidade de voltas de fio pode ser modificada dependendo de experimentos programados);

Parafusar o suporte da bobina à base de madeira com os respectivos parafusos e porcas;
Colar os pés adesivos no fundo da base de madeira;

Lixar as extremidades dos fios da bobina, se o fio for esmaltado, ou desencapar, se for de capa plástica;

Soldar cada fio da bobina em um polo do conector XT60 (lado macho);

Conferir todas as etapas da montagem. Usar o multímetro para conferir se não há soldas frias no conector da bobina, como a resistência do fio é muito baixa, o multímetro medirá resistência zero;

PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS E MONTAGEM (CIRCUITO DE SINTONIA)

A bobina de *loop* – tanto no modelo de PVC quanto no de Papelão (Origami) será interligada ao circuito de sintonia/detecção do sinal AM;

Como a bobina de *loop* pronta, preparar o circuito de sintonia, que será interligado a ela por meio do conector XT60, lado macho. Ver Figura 7;

Cortar cinco pedaços de fio 22AWG, de aproximadamente 10 cm, retirar o isolamento das pontas;

Soldar dois pedaços dos fios, um para cada pino do conector XT60;

Soldar um dos fios ao terminal 2 do capacitor variável. Os terminais 1 e 3 correspondem às placas móveis do capacitor variável;

Soldar o outro terminal ao terminal 1 do capacitor, soldando também o ânodo do diodo 1N60 e mais um pedaço de fio;

Soldar a outra extremidade do fio do terminal 1 ao terminal 3 (dessa forma, duas seções do capacitor estarão em paralelo, aumentando sua capacitância total);

Observar que o terminal 2 e o terminal 4 são o terminal comum, “terra”, do tipo de capacitor de embalagem plástica, correspondente às placas fixas;

Soldar mais um pedaço de fio entre o terminal 4 do capacitor e o terminal comum, “terra”, do conector P-2, da saída de áudio;

Soldar o catodo do diodo 1N60 aos pinos de áudio do conector P-2;

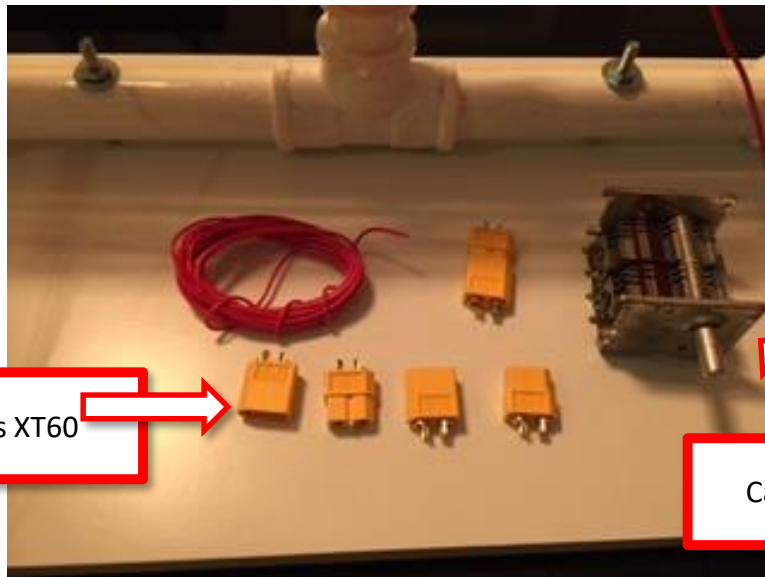
Conferir as soldagens e verificar existência de soldas frias ou curto-circuitos;

A montagem dos componentes corresponde ao ilustrado na Figura 7. Com relação ao capacitor variável, ver Figuras 17 e 18, com dois tipos de capacitores variáveis.

Encaixar os dois terminais do conector XT60, um no outro;

Procedimentos de Montagem

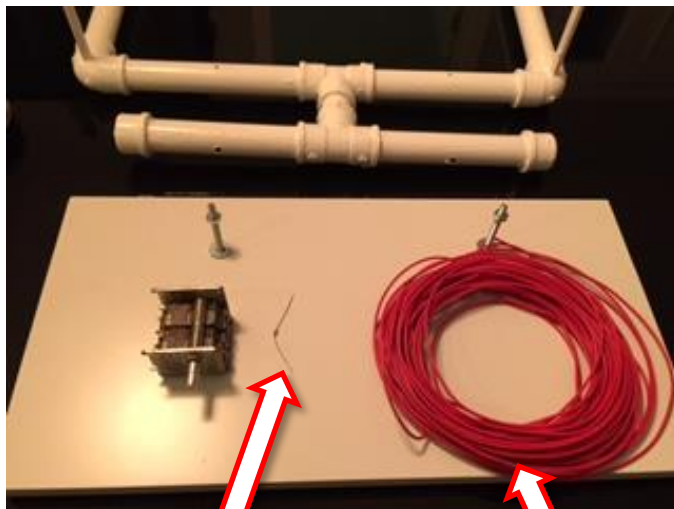
Figura 13



Conectores XT60

Capacitor variável

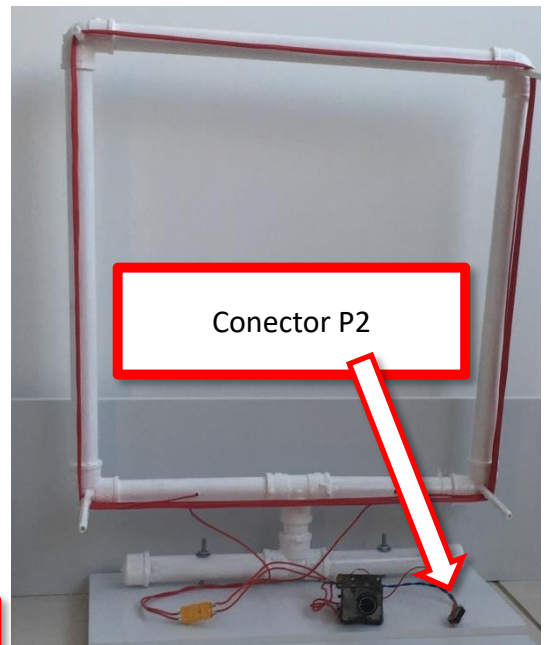
Figura 14



Diodo 1N60

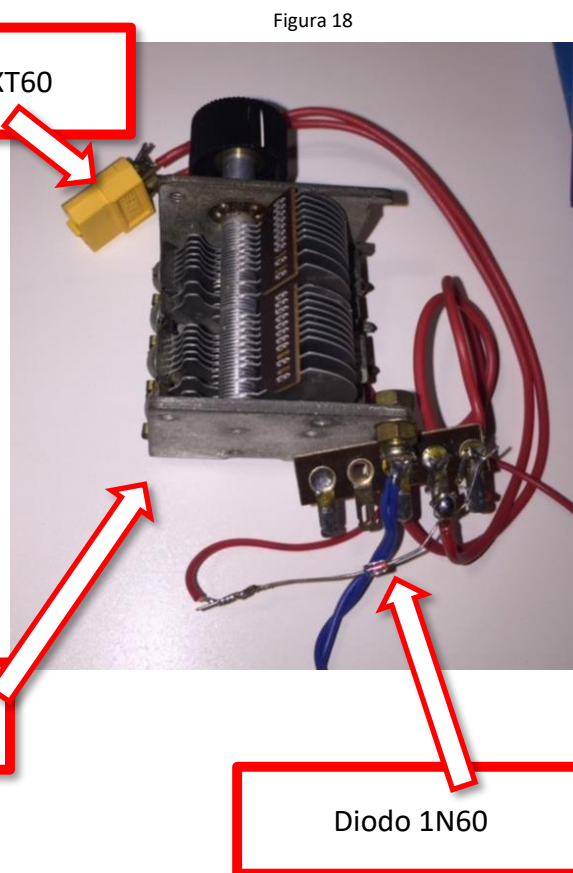
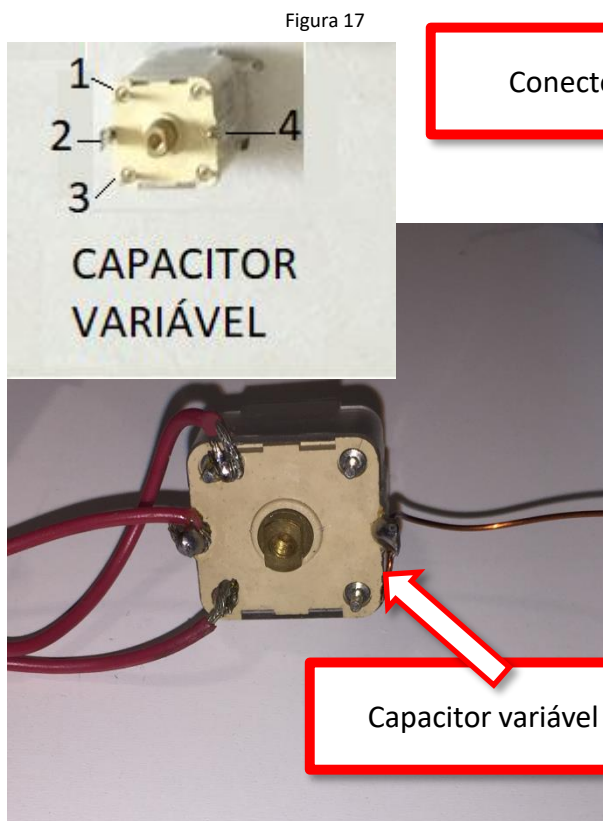
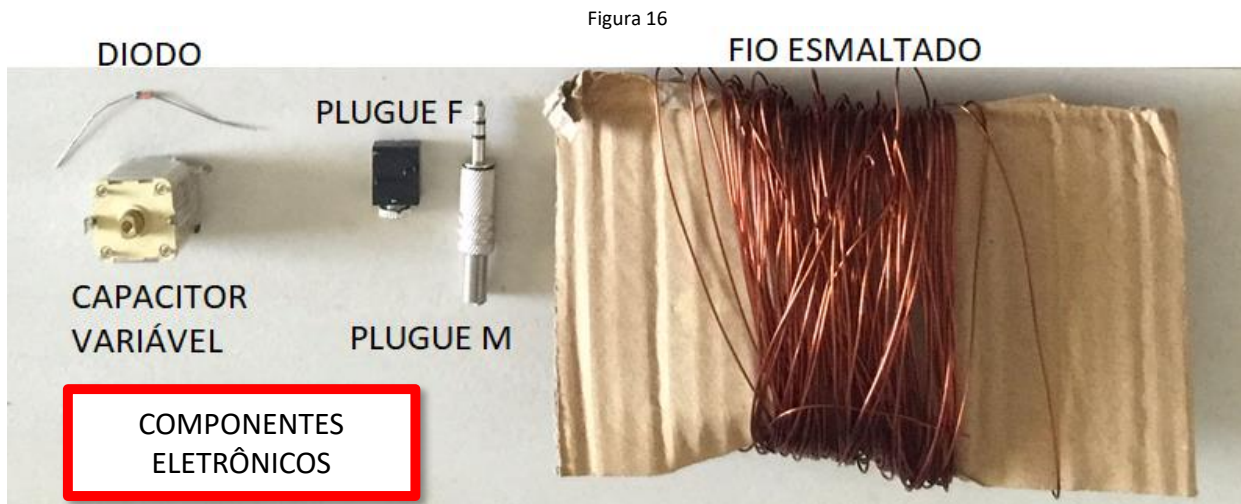
Fio encapado

Figura 15



Conector P2

Componentes típicos:



Testes de Funcionamento

Interligar o amplificador de áudio ao conector P-2;

Verificar com um rádio AM comercial quais as rádios de sua localidade;

Verificar qual das rádios é mais potente (sinal mais forte e sem ruídos), conferir sua frequência. Por exemplo, em Salvador/BA, as rádios mais fáceis de captar são a Rádio Sociedade, 740 kHz e a rádio Excelsior, 840 kHz;

Ajustar lentamente o botão de sintonia, fazendo a varredura do mínimo até o máximo, e vice-versa, à procura das estações de rádio AM da localidade;

O ajuste da orientação da antena também é determinante para a captura dos sinais, portanto também deve-se procurar qual a posição de maior intensidade;

Se a localidade for muito próxima a torres de TV ou FM, o rádio poderá captar interferências das emissoras.

Se a localidade for muito afastada das emissoras de AM, o sinal chegará muito fraco;

SE o teste for realizado em local fechado, com estrutura de concreto, o sinal será atenuado;

Recomenda-se fazer o primeiro teste em ambiente silencioso;

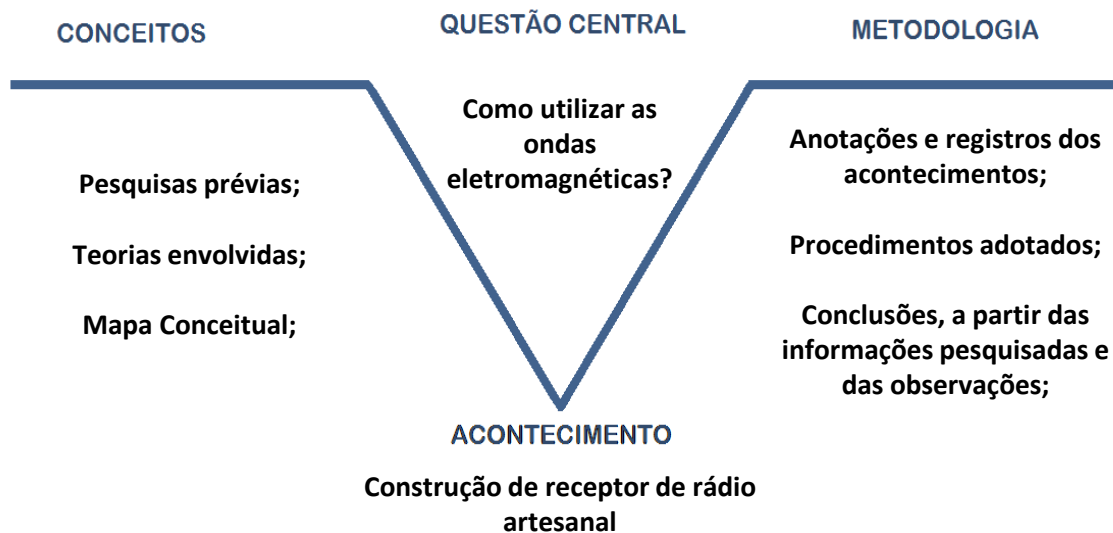
Fotos da montagem na Figura 15, 17 e 18, com dois tipos de capacitores variáveis, o mais antigo, com a estrutura metálica, e o de pequenos rádios portáteis com estrutura plástica, Figuras 17 e 18.

Após concluída a montagem, com a supervisão do professor e participação dos estudantes, realizar experimentos e observações com base nos conhecimentos prévios e novos conhecimentos adquiridos.

Deve-se incentivar a observação, análise e registro do que acontece no experimento, com o Diagrama em Vê como referência da atitude investigativa. Resgatar as pesquisas realizadas e o Mapa Conceitual.

No exemplo abaixo, sugerimos uma questão central, mas outras podem ser adotadas.

Figura 19



O que se observa quando...

... O receptor é interligado ao amplificador de áudio?

Ruídos são captados imediatamente?

Alguma emissora de rádio local?

Quais as dificuldades para a sintonia deste tipo de receptor?

Ao captar alguma emissora, qual a posição da antena para o maior nível possível?

O rádio de galena funciona com a energia da radiofrequência recebida da estação de rádio de OM transmissora, que é captada pela bobina da antena. O que você percebeu em relação aos níveis de sinais recebidos?

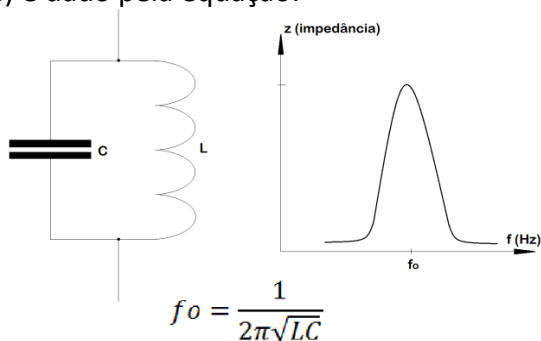
Se nenhum sinal for captado, o que pode estar acontecendo?

Compare as estações recebidas por um receptor AM comercial e as estações recebidas pelo rádio de galena. O receptor de galena recebe as mesmas estações?

As estações recebidas estão na mesma ordem em ambos receptores?

O que acontece com o sinal recebido quando a antena é girada em relação ao seu eixo vertical? Por quê?

O cálculo da frequência de ressonância do receptor (f_0), no circuito em paralelo da bobina (L) e do capacitor (C) é dado pela equação:



Sintonize duas emissoras AM de sua localidade. Foram sintonizadas as emissoras de frequências: (a mais alta - A) _____ kHz e (a mais baixa - B) _____ kHz.

Sabemos que a indutância da bobina que montamos tem valor fixo que depende da quantidade de espiras, bitola do fio e das suas dimensões. Para a sintonia das estações, o capacitor é o elemento ajustável neste circuito. Se fosse possível medir as capacitâncias para cada emissora sintonizada, para qual delas o valor de capacitância seria maior? E o menor? Por que? Como calcular?

Para estimar o valor da indutância da bobina quadrada (*square loop*), usar o endereço da Internet, que faz o cálculo *online* (informar número de voltas; largura do quadrado; raio do fio; permeabilidade, 1):

<https://technick.net/tools/inductance-calculator/square-loop/>

Verificar as propriedades do circuito LC em relação à fórmula.

f em Hertz (frequência); L em Henry (indutância); C em Farad (capacitância).

Atribua valores hipotéticos à capacitância (em picofarad: $\text{pF } 0.000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12} \text{ F}$) e calcule qual seria a frequência do circuito para cada valor.

Outras possibilidades:

A radioastronomia utiliza receptores extremamente sensíveis e antenas projetadas especialmente para os comprimentos de onda que captará. Com a bobina de *loop* e o capacitor variável ligado em paralelo a ela, é possível melhorar a recepção de um rádio AM convencional. Vamos imaginar que uma estação AM distante é um corpo celeste que emite sinais de rádio e utilizar o Produto Educacional montado para tentar melhorar a recepção deste sinal.

- a) De que modo isso pode ser feito?
- b) Outra possibilidade é minimizar a presença de sinais interferentes. De que modo isso pode ser feito?

É possível verificar a captação do ruído eletromagnético do Experimento de Hertz pelo receptor do rádio de galena?

Usar o Kit do Experimento de Hertz (ver Roteiro) como Transmissor de rádio e o Rádio de Galena como receptor e simular uma comunicação em Código Morse. Como é possível implementar, quais as dificuldades e resultados obtidos.

O circuito LC , em paralelo, é utilizado para a sintonia de frequências específicas nos aparelhos de rádio. Sobre este circuito, podemos afirmar:

- a) Que constitui um filtro “passa-faixa”;
- b) Os valores de C (capacitância) e L (indutância) determinam a frequência de ressonância;
- c) C , o capacitor, é capaz de armazenar cargas elétricas;
- d) A frequência de ressonância é dada pela fórmula $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
- e) Todas as alternativas estão corretas.

Rádio de Galena ou de Cristal. Newton C. Braga:

<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/projetos-educacionais/491-radio-de-galena-ou-cristal-art031>

Projeto: Rádio de Galena Universidade Estadual de Campinas; Instituto de Física Gleb Wataghin; Tópicos de Ensino de Física I. Coordenador: Prof. José J. Lunazzi :

http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2008/FelipeMAlmendros_DavidSoares_F609_RF2.pdf

Outro tipo de circuito para o rádio

Como fazer um rádio de galena. Arthur Borges:

https://www.youtube.com/watch?v=Ax5u_jCwCro

Para experimentos com a antena de quadro:

Antena *loop* de quadro eficiente para Ondas Médias. *Copyright* 2002 Sarmento Campos:

<http://www.sarmiento.eng.br/LoopQuadroOM.htm>



ROTEIRO DE CONSTRUÇÃO E DE EXPERIMENTOS

MARCELO LAGO ARAÚJO

Orientadores: Germano Pinto Guedes
 Marildo Geraldête Pereira



SIMULADOR DE IO-JÚPITER

A descoberta dos sinais de rádio emitidos por Júpiter aconteceu, como em muitas outras descobertas, quase por acaso. Em 1955, Bernard Burke e Kenneth Franklin descobriram que o planeta emitia fortes sinais de Ondas Curtas enquanto testavam um grande arranjo formando antena direcional na faixa de 22,2 MHz, com a qual recebiam sinais esporádicos que pareciam interferência. Meses depois, a “interferência” começou a parecer vir de origem celeste. Para descartar (ou confirmar) que o sinal vinha mesmo de Júpiter, os pesquisadores registraram as coordenadas de todos os eventos de “interferência”. Para sua surpresa, a localização de Júpiter no céu coincidia com o apontamento da antena em cada momento em que a “interferência” era recebida, o que se tornou a primeira prova de sinais emitidos por outro planeta no nosso sistema solar (FLAGG, 2005, p. 1-1).

Figura 1



Bernard F. Burke
1955 - Descoberta sinais de Júpiter

Fonte: <http://www.nrao.edu/archives/Burke/burke.shtml>

Figura 2



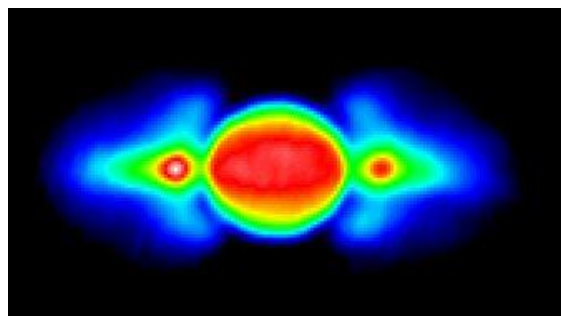
Fonte: https://radiojove.gsfc.nasa.gov/images/photo_archive/seneca/Dipoles2.jpg

Ainda sobre o momento da descoberta da emissão dos sinais de rádio por Júpiter, temos a descrição para o evento ocorrido em 1955, por KRAUS (2005, p. 8-61): “Burke e Franklin observaram um ruído forte e flutuante na declinação de $+22^\circ$ durante uma pesquisa no céu em 22MHz. O ruído foi notado em 10 das 31 gravações noturnas. [...] a posição da fonte coincidia com a de Júpiter. Observações posteriores confirmaram que Júpiter é uma fonte esporádica, flutuante, e intensa, de radiação decamétrica, circular ou elipticamente polarizada”.

MECANISMOS DE EMISSÃO

Também é interessante registrar a comparação que foi efetivada por Burke e Franklin, dos sinais recebidos de Júpiter com os da Nebulosa do Caranguejo (Crab Nebula): “diferentemente de uma fonte discreta típica – a Nebulosa de Caranguejo – as rádio emissões encontradas são de natureza muito irregular (consistem de uma série de rajadas curtas e muito semelhantes às interferências de descargas atmosféricas da atmosfera terrestre)” (ZHELEZNYAKOV, 1970, p. 244).

Figura 3

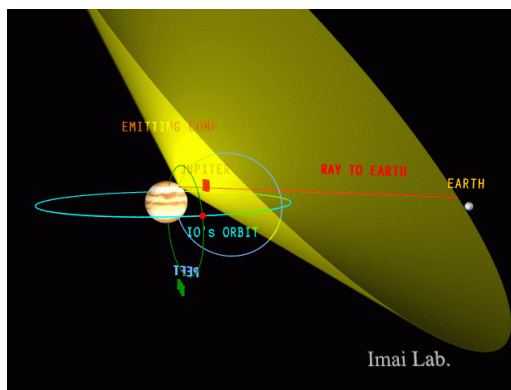


Fonte: <https://www.atnf.csiro.au/research/solarsys/jupiter/images/index.html>

A respeito da natureza das emissões eletromagnéticas de Júpiter, a análise dos sinais de rádio permite o estudo dos fenômenos físicos nos planetas gigantes e suas atmosferas. Imagens de Júpiter a partir de sinais de rádio na faixa de 20 cm, evidenciam radiação extensiva, fora do disco visível, Figura 3; esta é a radiação denominada síncrotron (*synchrotron*), proveniente do cinturão de partículas carregadas energeticamente que envolve o planeta. A radiação síncrotron de Júpiter possui um espectro dominante apenas em comprimentos de onda mais longos. Em comprimento de onda de rádio milimétricos, a radiação predominante é a termal, correspondendo à de um disco de 150 K (BURKE, 2005, p. 212).

Júpiter possui mais de 60 satélites naturais e quatro destes corpos são denominados “luas galileanas”, Io, Europa, Ganimedes e Calisto, pois foram descobertas por Galileu. A lua interior, Io, com dimensões aproximadas às da Lua, está sujeita a forças gravitacionais intensas, que distorcem seu formato e aquecem seu interior, provocando erupções de átomos de enxofre, sódio e oxigênio na superfície do planeta e no Espaço, onde são ionizados pela radiação ultravioleta do Sol, formando uma nuvem tênue e ionizada ao longo do caminho da órbita de Io (FLAGG, 2005, p. 1-1).

Figura 4



Fonte: <http://jupiter.kochi-ct.jp/cg/>

IONOSFERA TERRESTRE

Na Radioastronomia Amadora, com o **Radio Jove***, os receptores de rádio projetados para captar sinais de Júpiter operam em faixas pré-definidas, a faixa de frequência está em torno de 20 MHz, (comprimento de onda de aproximadamente 15 m, decamétricas), denominada historicamente de Ondas Curtas.

Para captar as emissões decamétricas de rádio de Júpiter, devemos considerar o comportamento da ionosfera da Terra para sinais de rádio de Ondas Curtas.

A atmosfera da Terra é transparente para a luz visível e para muitos comprimentos de ondas da faixa de rádio. Usualmente a janela de observação de rádio está compreendida entre 10 MHz e 300 GHz, mas para as frequências mais baixas do espectro eletromagnético, especialmente as Ondas Curtas, a atmosfera da Terra apresenta condições em sua camada denominada Ionosfera que podem aumentar ou diminuir a janela de observação. A Ionosfera é uma camada ionizada pelo Sol e que pode refletir certos comprimentos de onda de volta para o Espaço, ou confiná-los na Terra.

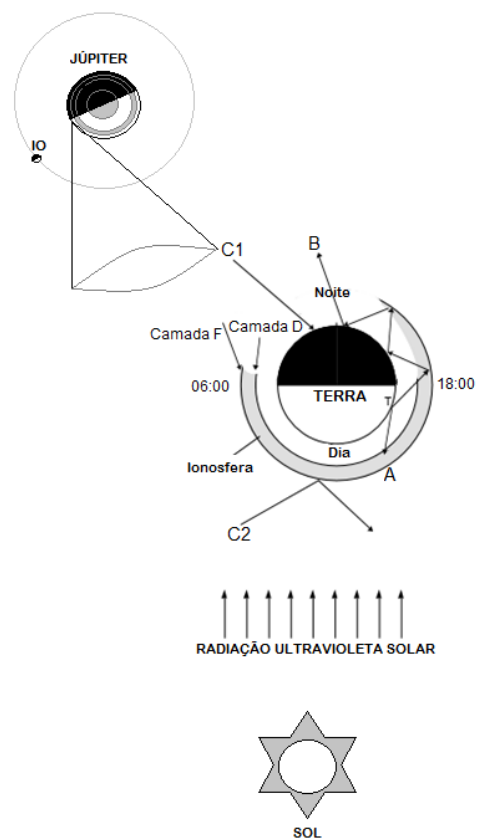
À noite, esta camada se tonará novamente transparente permitindo a observação de Júpiter por rádio. No exemplo da Figuras 5, no lado noturno da Terra, poderíamos captar o sinal **C1**.

Pesquisas realizada após muitos anos de observações dos sinais de rádio oriundos de Júpiter, evidenciaram haver fontes localizadas em certas regiões do planeta quando estavam voltadas para a Terra, Figura 4. A partir destas observações, os pesquisadores definiram três regiões emissoras principais, A, B e C, com base nas coordenadas adotadas para Júpiter, Central Meridian Longitude, CML, do "System III", que são relacionadas ao seu campo magnético (FLAGG, 2005, p. 1-2).

As emissões também puderam ser associadas à presença do satélite natural Io.

(*) Programa educacional da NASA para a radioastronomia, voltada para professores, estudantes, com atividades envolvendo a construção de um radiotelescópio experimental: <https://radiojove.gsfc.nasa.gov/>

Figura 5

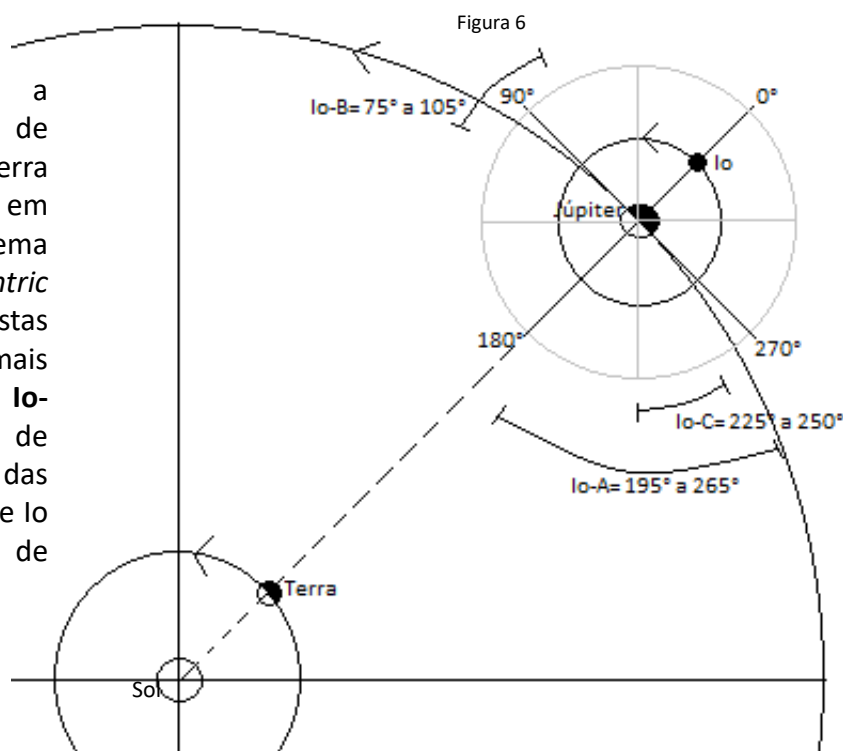


- A - Ondas absorvidas pela Camada D (dia);
- B - Ondas refletidas 2 vezes pela Camada F;
- C1 - Ondas do Planeta alcançam a Terra (noite);
- C2 - Ondas extraterrestres refletidas pela Camada F

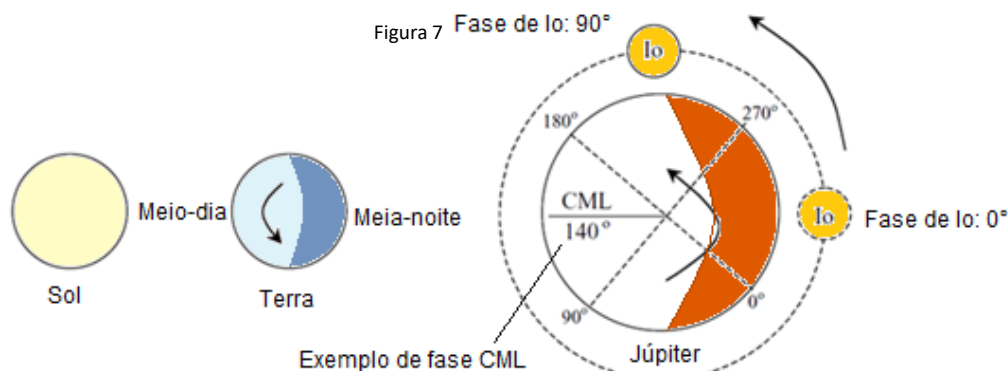
Fonte: adaptado de FLAGG, 2005, p. 2-5

O sistema de coordenadas

Os estudos relacionaram a probabilidade de se captar sinais de rádio de Júpiter na direção da Terra com a posição orbital de Io, em relação a Júpiter e à Terra, no sistema denominado *Superior Geocentric Conjunction* – SGC, Figura 6. Destas observações, foram definidas mais regiões de emissão, denominadas **Io-A**, **Io-B** e **Io-C**. O mecanismo de emissão é explicado pela interação das partículas carregadas no entorno de Io com o intenso campo magnético de Júpiter (FLAGG, 2005, p. 1-2, 1-3).



Para as observações de rádio de Júpiter são adotados referenciais de acordo com a figura 7 (fora de escala):



Fonte: adaptado THIEMAN et al, 2001, p. 5-9

Para observarmos Júpiter na faixa de rádio com o *Radio Jove* dependemos de: a) Da orientação de Júpiter em relação à Terra (CML); b) Da posição de Io em relação a Júpiter e à Terra (SGC).

Existem emissões de menor ocorrência não relacionadas a Io. Como há maior probabilidade de emissão em situações que consideram a órbita do satélite, foram criados registros das observações ao longo de vários anos, efetuadas análises das probabilidades de recepção dos sinais na Terra, com a criação de tabelas e **programas de computador** para orientar observações futuras como o **RADIO-JUPITER PRO**.

O SOFTWARE RADIO-JUPITER PRO

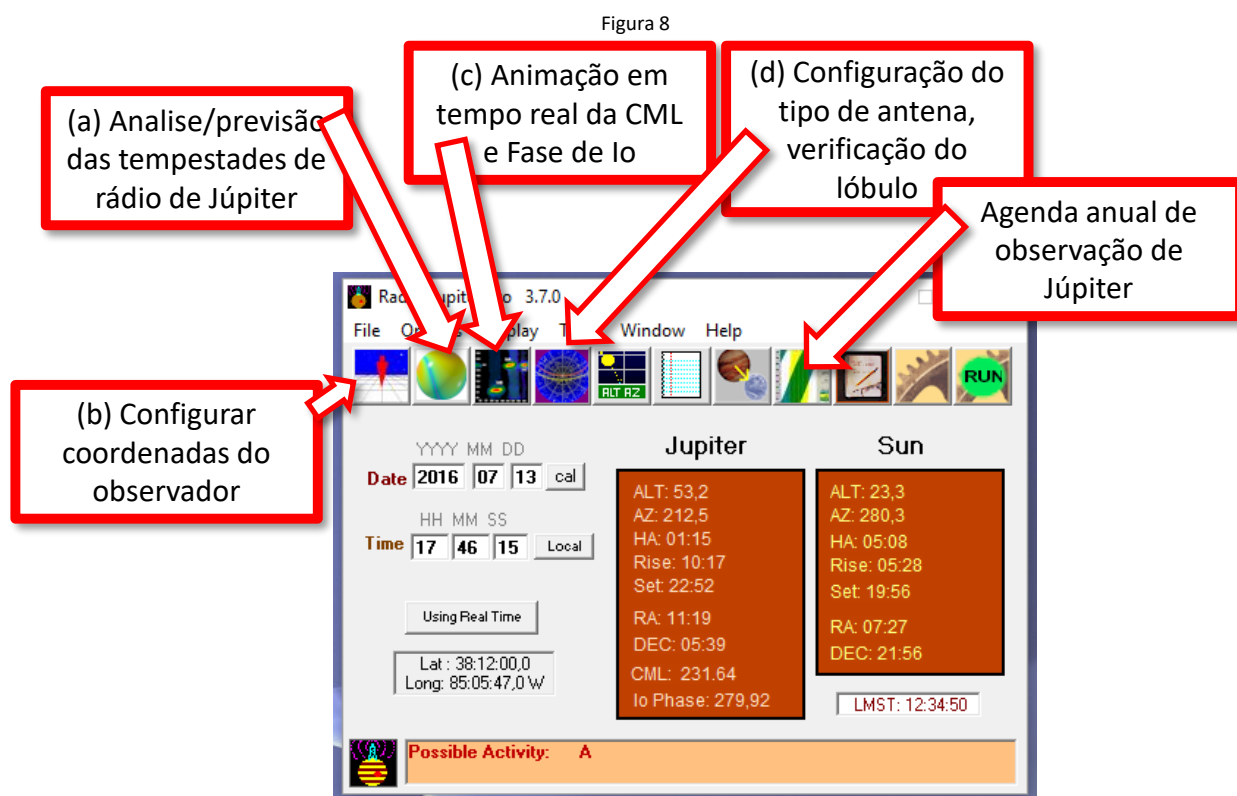
O software *Radio-Jupiter Pro*, Figura 8, é uma ferramenta que ajuda a organizar as observações de Júpiter. Possibilita a previsão de eventos “Jupiter storm”, das tempestades de emissão de rádio do planeta, com informações de previsão de ocorrências (a), customizadas para o local do observador, de acordo com suas coordenadas (b), ver Figura 9.

CML Io-Phase: permite visualizar uma animação (c) em tempo real, com o movimento de Júpiter sinalizando as áreas de um gráfico com os momentos de grande probabilidade de emissão de rádio (do tipo A, B, C, Io-A, Io-B ou Io-C), Figuras 11 e 12.

Mostra mapa do céu em tempo real, permitindo ver onde Júpiter, o Sol e a Via Láctea estão, em relação ao diagrama de recepção da antena dipolo que for configurada (d), Figura 10.

Este programa é parte do KIT do *Radio Jove Project* e aqui é ilustrado para que se entenda o processo de Radioastronomia experimental para captar sinais de Júpiter.

Endereço do programa: <http://www.radiosky.com/rjpro3ishere.html>



Fonte: tela do programa *Radio-Jupiter Pro*

O SOFTWARE RADIO-JUPITER PRO

Figura 9

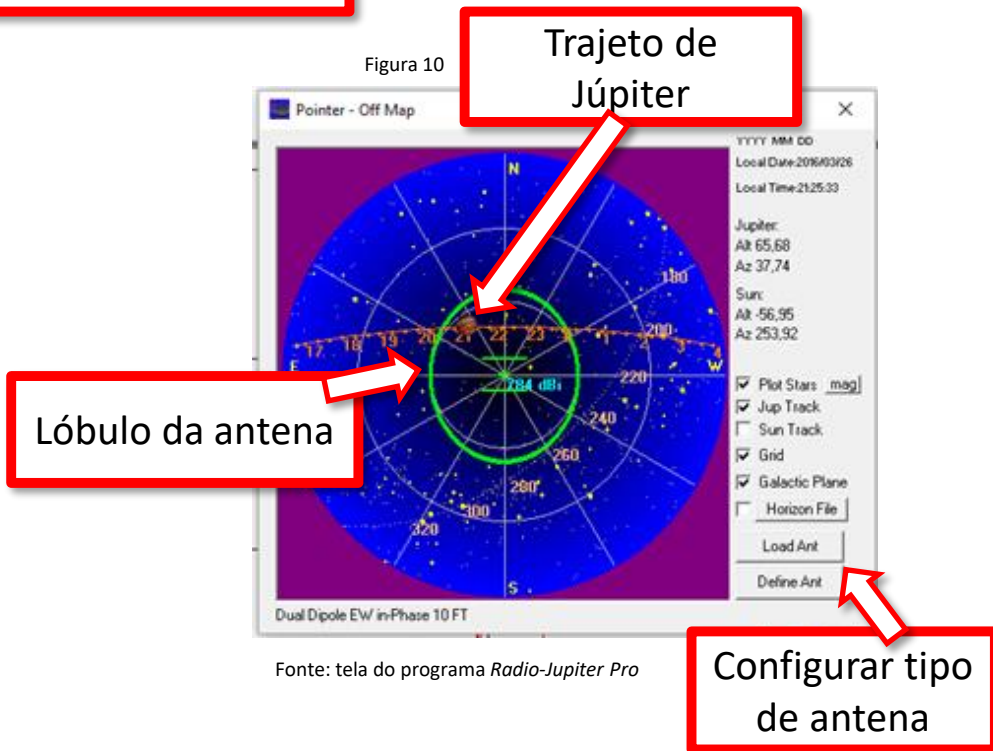


Carregar coordenadas salvas

Salvar coordenadas novas

Fonte: tela do programa Radio-Jupiter Pro

Figura 10



Lóbulo da antena

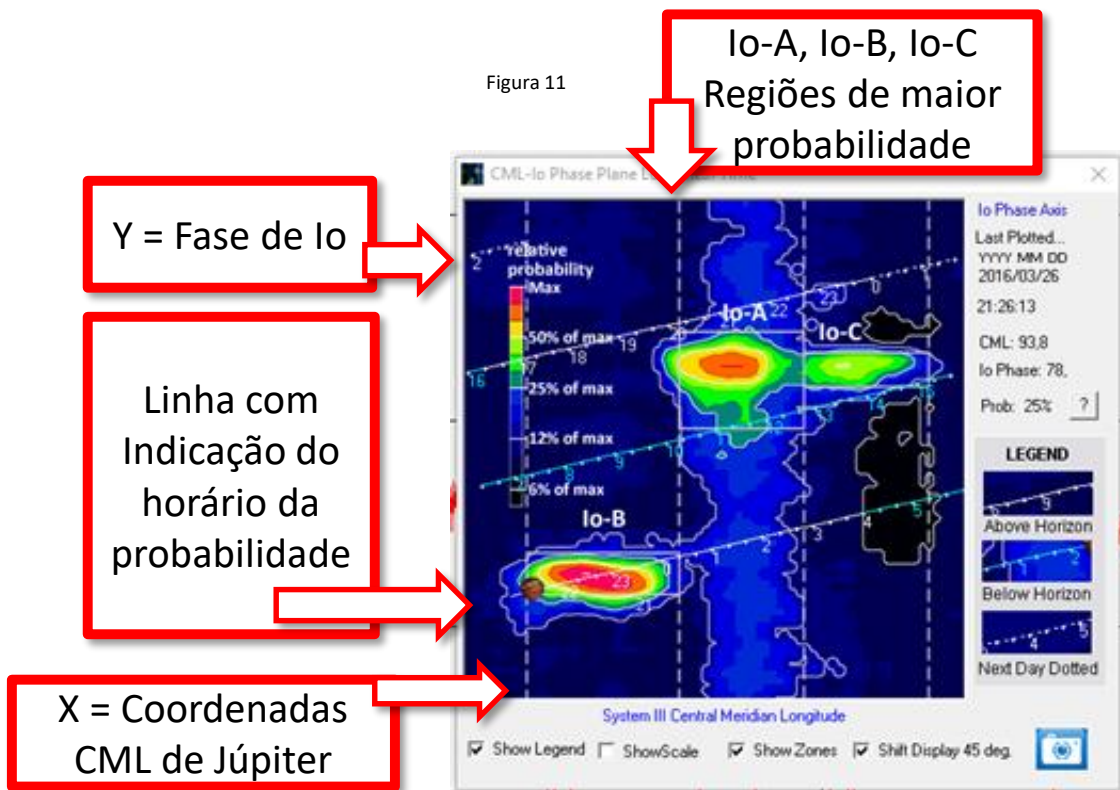
Trajeto de Júpiter

Configurar tipo de antena

Fonte: tela do programa Radio-Jupiter Pro

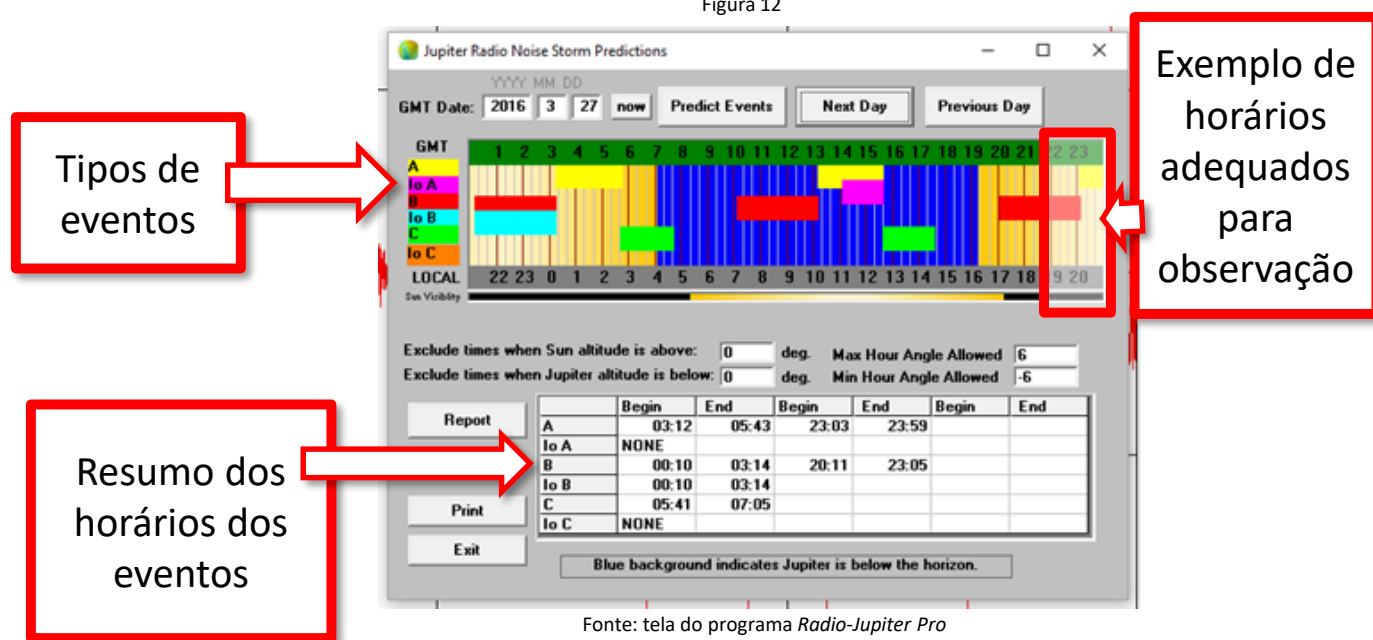
O SOFTWARE RADIO-JUPITER PRO

Figura 11



Fonte: tela do programa Radio-Jupiter Pro

Figura 12



Fonte: tela do programa Radio-Jupiter Pro

O SOFTWARE *RADIO-SKY PIPE*

Figura 13

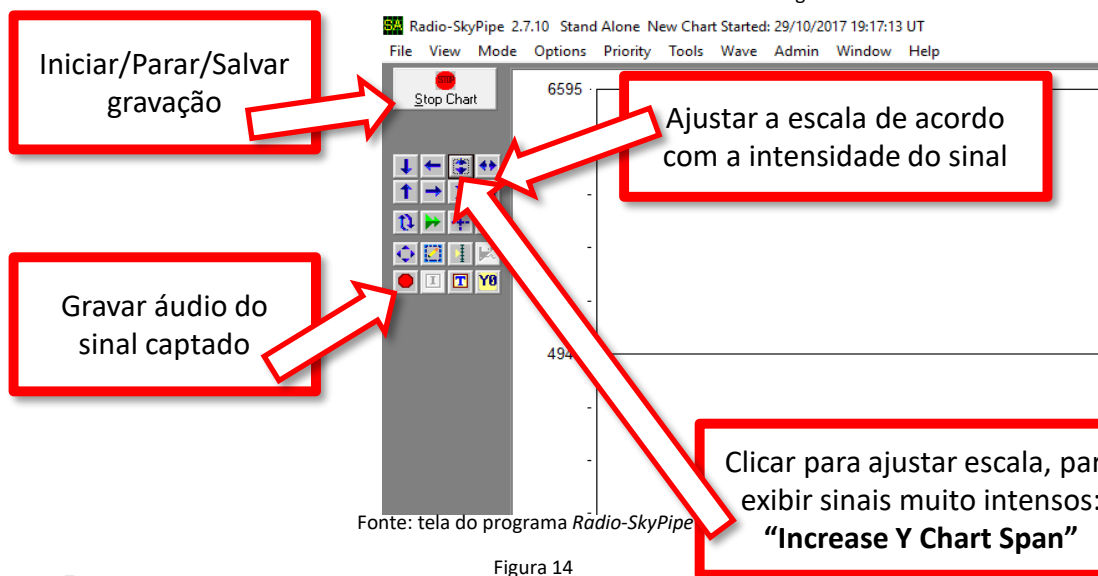
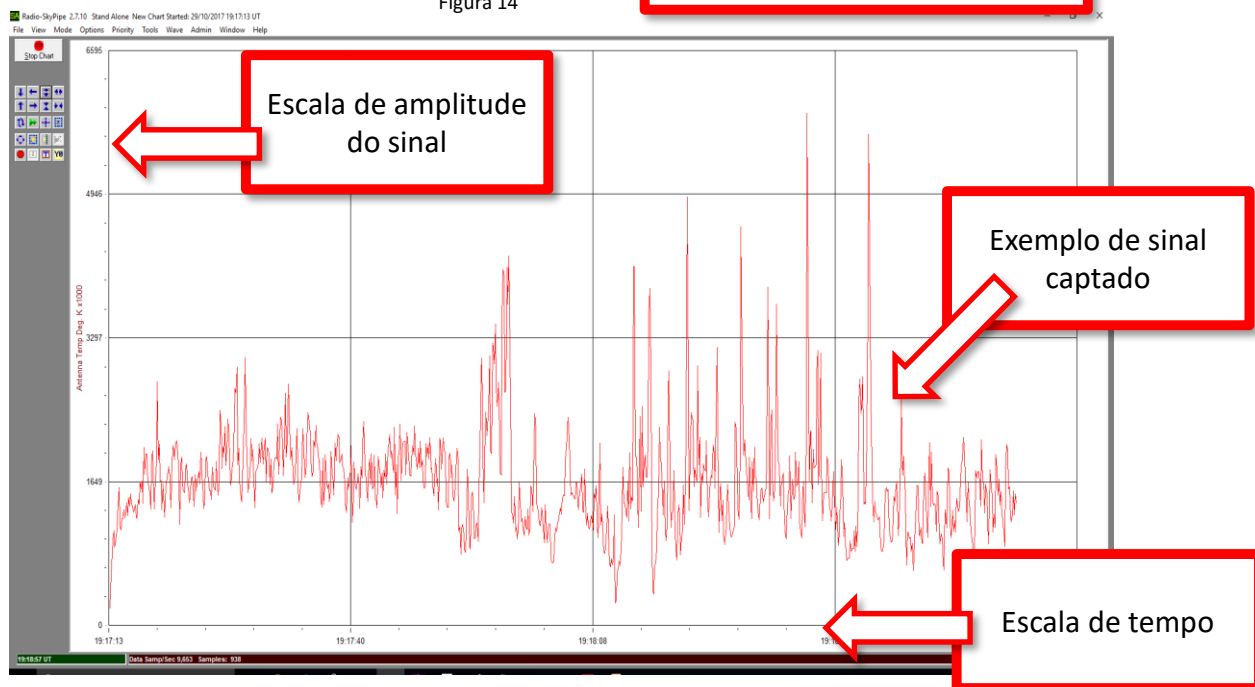


Figura 14

**RadioSky-Pipe**

Com este *software* o sinal elétrico recebido na entrada de microfone da placa de som do *notebook* é convertido em um gráfico de Intensidade e Tempo. Permite analisar a forma de onda do sinal elétrico presente e é útil para registrar as intensidades relativas dos sinais e o tempo em que ocorreram. Também pode gravar o sinal de áudio relacionado ao sinal elétrico captado, Figura 13.

Tanto o gráfico como a gravação do áudio do sinal elétrico podem ser salvos e analisados em outro momento. O sinal de áudio do receptor 433 MHz do Arduino é muito intenso e a escala do gráfico deve ser ajustada: "Increase Y Chart Span" ou "Decrease Y Chart Span". Figuras 13 e 14.

Informações ao Professor

Como os sinais de rádio são gerados no planeta Júpiter?

Esta é uma importante questão que pode ser um campo fascinante de pesquisas pois ainda não está totalmente resolvida. Na literatura, encontramos principalmente dois mecanismos de emissões:

Quadro 1

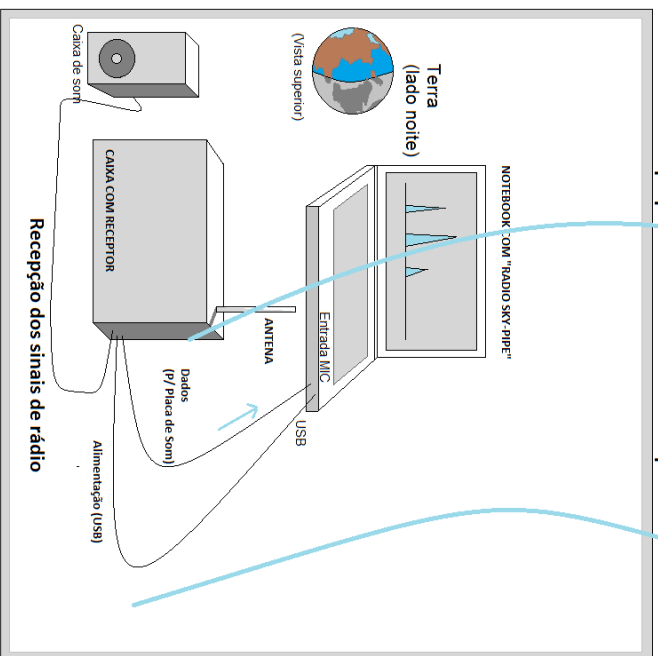
Processos	Características básicas
Por processos térmicos	Emissão com característica típica do corpo negro, gerada devido à movimentação das partículas em função da temperatura – gera sinais de radiofrequência num espectro contínuo e não polarizado, cuja intensidade aumenta com a frequência
Por processos não térmicos	Ciclotron – gerado pelo movimento de cargas elétricas num ambiente com intenso campo magnético – frequência na região de HF. Sinais polarizados.
	Sincrotron – gerado por partículas movendo-se a velocidades próximas à da luz, num ambiente de intenso campo magnético. Sinais polarizados.

Neste simulador, abordaremos especialmente os sinais de rádio gerados pelo processo ciclotron, que, estudos indicam, é um dos responsáveis pelas emissões de rajadas de rádio captadas na Terra, na faixa de rádio de Ondas Curtas (10 a 30 MHz). Nesta faixa se inclui o radiotelescópio experimental do *RADIO JOVE PROJECT*, de 20,1 MHz, cuja filosofia de funcionamento adotamos.

Para utilizar o simulador de Io-Júpiter deve estar claro que: as emissões do tipo **Io-A**, **Io-B** e **Io-C**, são mapeamentos de posições orbitais realizados durante anos de pesquisas revelando que, quando Io passa naquelas coordenadas, em relação a Júpiter e à Terra, temos maior probabilidade de captar sinais de rádio de Júpiter. Deve-se alertar aos estudantes de que, como se trata de **probabilidade**, nem sempre os sinais são captados. Esse comportamento também será observado no simulador.

Para sinalizar as regiões Io-A, Io-B e Io-C, foi utilizado um tabuleiro (Figura 22) com desenho de Júpiter no centro e a órbita de Io à sua volta, com marcações das três regiões. Nestes três locais ficarão ímãs de neodímio. Ao passar ali, a maquete do satélite natural Io, com um circuito de transmissor de rádio interno, será acionado pela chave magnética “reed switch”, emitirá sinal de rádio na faixa de 433 MHz (faixa do controle remoto de portão). Figura 15.

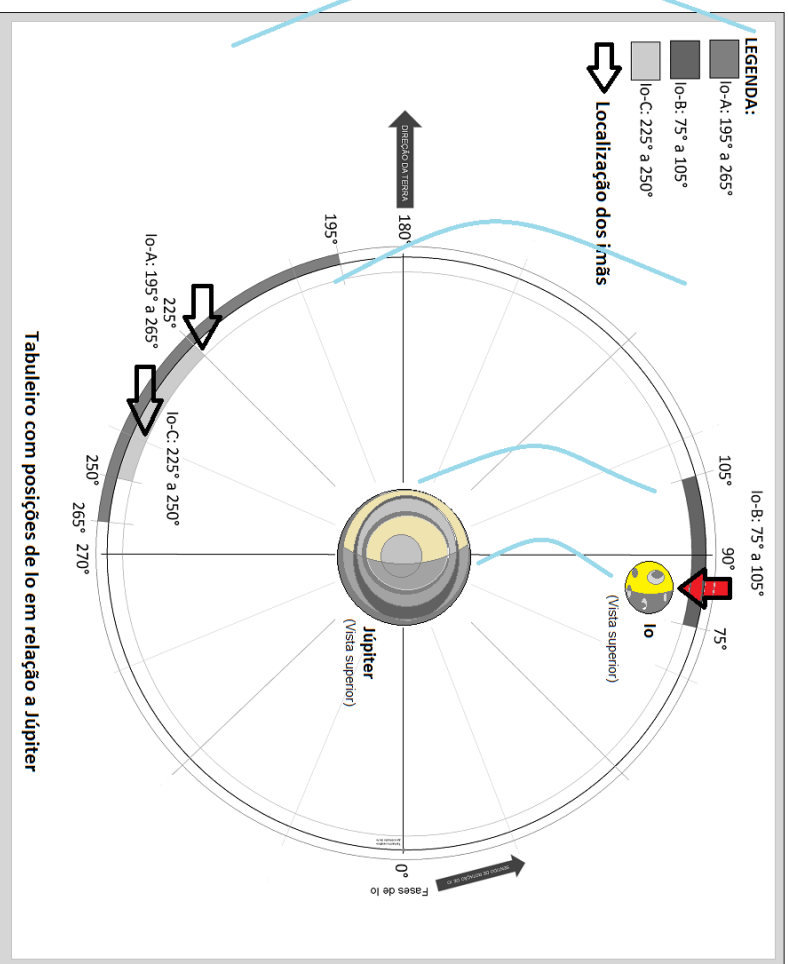
Figura 15



Radiotelescópio em posição favorável para captar sinais de Júpiter (lado noturno da Terra):
Receptor com antena e programa de computador para analisar o sinal:

É importante ressaltar que a faixa de 433 MHz foi utilizada no simulador por questões práticas, é um transmissor de baixo custo e de pequenas dimensões que pode ser instalada na esfera de isopor que representa Io. É uma frequência de uso compartilhado e sujeita a interferências. Assim como na Radioastronomia se capta interferências indesejadas. Importante também ressaltar que, por ser uma representação, o sinal de rádio utilizado é da faixa de UHF, e não de HF, como ocorre no receptor do *Radio Jove*.

Os ímãs de neodímio representam o intenso campo magnético de Júpiter. Deve estar claro para os estudantes que esta é uma representação de como, ao passar em determinadas regiões da sua órbita, o satélite natural Io é um dos elementos envolvidos na geração de emissões de rádio do sistema planetário de Júpiter. Importante considerar que, para o sinal ser captado na Terra, o radiotelescópio deve estar em horário noturno, com o planeta Júpiter no céu, passando no lóbulo da antena de recepção. Considerar que, neste horário, a Ionosfera se torna mais transparente para as faixas de frequência de Júpiter, captadas na faixa de Ondas Curtas (OC, ou HF), com o *Radio Jove* (20 MHz), por exemplo.



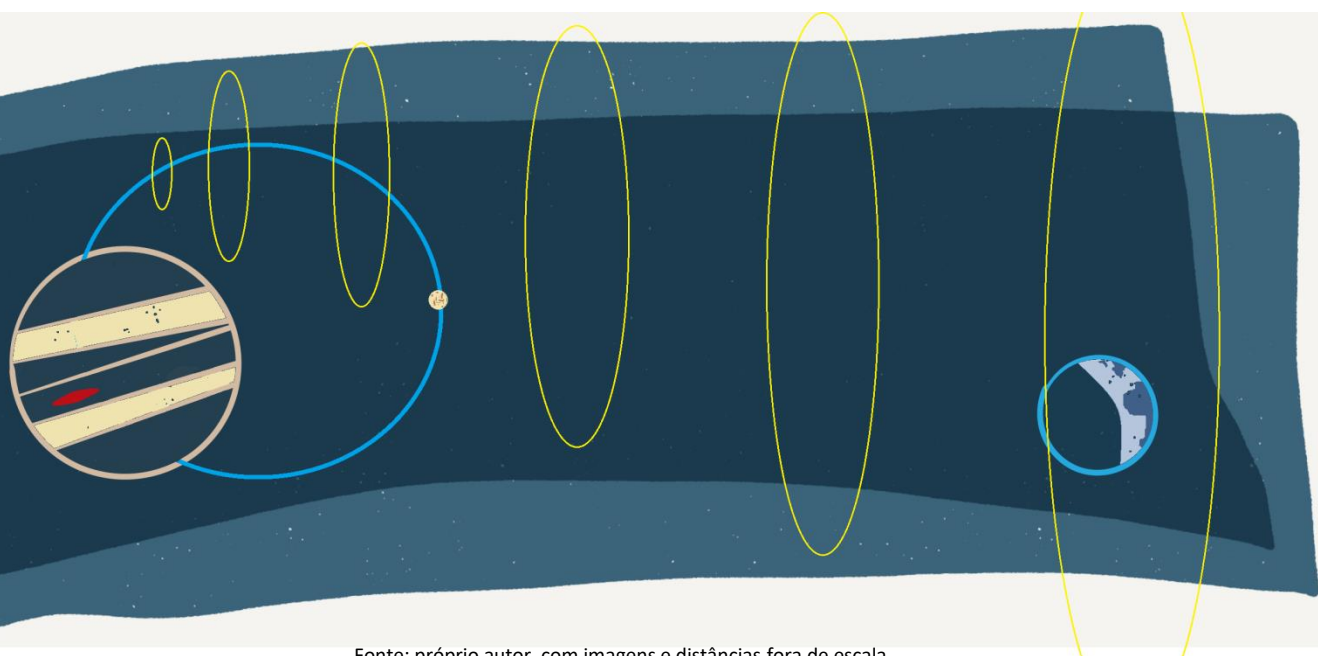
Com este Produto Educacional simulamos a emissão dos sinais de rádio de Júpiter, relacionados ao satélite natural Io, e sua captação na Terra. O produto é baseado na Radioastronomia amadora realizada com o radiotelescópio experimental do Projeto *Radio Jove*, da NASA. Diversos materiais e componentes eletrônicos são adaptados para montar uma pequena maquete do sistema joviano. Para esta simulação, usamos um transmissor de 433 MHz e um receptor na mesma faixa, aproveitado da plataforma Arduino. São frequências diferentes daquelas captadas no *Radio Jove*, porém são mais práticas para utilização no simulador.

Na ilustração abaixo: Júpiter com seu intenso campo magnético e um de seus satélites naturais, Io. Em alguns casos, a interação de Io, Júpiter e a magnetosfera produz ondas eletromagnéticas intensas que podem ser captadas da Terra, Figura 16 (não está em escala).

Os estudantes compreenderão o mecanismo das emissões no sistema planetário de Júpiter, o comportamento das ondas decamétricas em relação à ionosfera da Terra; utilizarão programa para conversão do sinal recebido em gráfico de intensidade x tempo. Entenderão as posições orbitais relativas, do Sol, Terra Io e Júpiter na prática, ao simular as emissões de rádio. Será uma oportunidade de ilustrar a radioastronomia experimental com o Projeto Radio Jove, primeiro passo para a radioastronomia profissional.

Em função da complexidade do produto, possivelmente o professor precisará dedicar mais aulas e atividades extras para concluí-lo

Figura 16



Fonte: próprio autor, com imagens e distâncias fora de escala

Lista de Materiais – versão motorizada

Quadro 2

MATERIAIS	QUANTIDADE	CUSTO (R\$)	TOTAL
ESFERA DE ISOPOR, OCA, 25 CM	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
ESFERA DE ISOPOR, 08 CM	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
GLOBO TERRESTRE 15 CM	1	R\$ 6,99	R\$ 6,99
CAIXA PARA ARETESANATO MDF 15 X 9 X 9	1	R\$ 5,00	R\$ 5,00
MÓDULO RX ARDUINO - 433 MHZ	1	R\$ 3,50	R\$ 3,50
RESISTOR 10K OHM, 1/8 W	2	R\$ 0,10	R\$ 0,20
PROTOBOARD 400 PONTOS	1	R\$ 7,00	R\$ 7,00
CONTROLE REMOTO PORTÃO TX - 433 MHZ	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
REED SWITCH	1	R\$ 1,20	R\$ 1,20
MOTOR AKIYAMA COM REDUÇÃO 3RPM	1	R\$ 69,00	R\$ 69,00
EMENDA - LUVA DE PVC 1 1/2	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
MANCAL QUADRADO EIXO 20MM	1	R\$ 28,00	R\$ 28,00
BARRA SINDAL 12 BORNES 16MM	1	R\$ 24,50	R\$ 24,50
BATERIA 12V ALARME	1	R\$ 19,50	R\$ 19,50
BARRA VERGALHÃO ROSCA 1/4	2	R\$ 2,40	R\$ 4,80
ABRÇADEIRA PLÁSTICA COM TRAVA (PACOTE)	1	R\$ 4,50	R\$ 4,50
PINCEL FINO	1	R\$ 5,90	R\$ 5,90
TRINCHA PINCEL	2	R\$ 4,02	R\$ 8,04
FONTE ALIMENTAÇÃO AC/DC 12 V 2 A	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
CONECTOR DC P4 F	1	R\$ 0,90	R\$ 0,90
FIO CAPA PLÁSTICA 0,14 MM	2	R\$ 1,00	R\$ 2,00
IMÃ DE NEODÍMIO	3	R\$ 20,71	R\$ 62,13
FOLDER LONA 90X120CM	1	R\$ 130,00	R\$ 130,00
FIO 0,14MM COBRE, COM CAPA ISOLANTE	2	R\$ 1,00	R\$ 2,00
CABO COM PLUG P-2 MACHO/MACHO	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
PRANCHA PRATELEIRA 40X25	1	R\$ 31,80	R\$ 31,80
NIPLE PARA LUMINÁRIA, 30 MM, COM PORCA (PACOTE)	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
PORCAS E ARRUELAS	1	R\$ 5,90	R\$ 5,90
PARAFUSOS	1	R\$ 5,50	R\$ 5,50
TINTA A BASE DE ÁGUA, BRANCA (TINTA CORALIT 0,9L BRANCA)	1	R\$ 31,00	R\$ 31,00
TINTA A BASE DE ÁGUA, BRANCA (TINTA CORALIT 0,9L BRANCA) - OPCIONAL	1	R\$ 31,00	R\$ 31,00
TINTA ACRÍLICA VERMELHA (BISNAGA) 20 ML	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
TINTA ACRÍLICA OCRE (BISNAGA) 20 ML	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
TINTA ACRÍLICA VERDE (BISNAGA) 20 ML	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
VERNIZ ACRÍLICO BRILHANTE	1	R\$ 11,00	R\$ 11,00
LIXA D'ÁGUA	1	R\$ 2,10	R\$ 2,10
SOLDA 40/60	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
TOTAL			R\$ 601,46

Lista de Materiais – versão sem motorização

Quadro 3

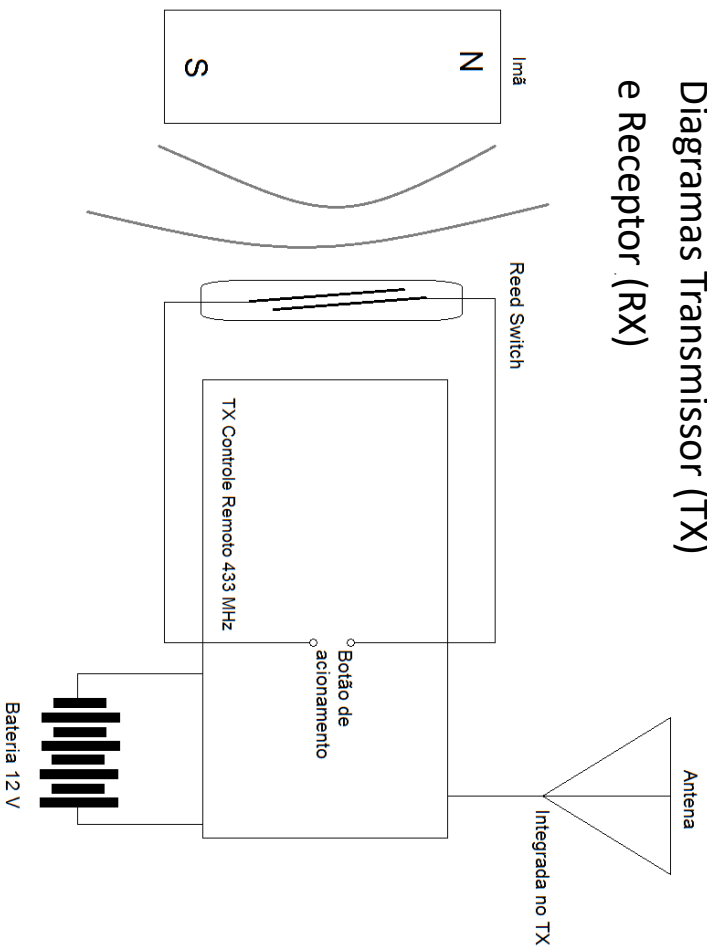
MATERIAIS	QUANTIDADE	CUSTO (R\$)	TOTAL
ESFERA DE ISOPOR, OCA, 25 CM	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
ESFERA DE ISOPOR, 08 CM	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
GLOBO TERRESTRE 15 CM	1	R\$ 6,99	R\$ 6,99
BASE DE ALUMÍNIO PARA LUMINÁRIA PENDENTE	2	R\$ 8,50	R\$ 17,00
MÓDULO RX ARDUINO - 433 MHZ	1	R\$ 3,50	R\$ 3,50
RESISTOR 10K OHM, 1/8 W	2	R\$ 0,20	R\$ 0,40
PROTOBOARD 400 PONTOS	1	R\$ 7,00	R\$ 7,00
CONTROLE REMOTO PORTÃO TX - 433 MHZ	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
REED SWITCH	1	R\$ 1,20	R\$ 1,20
BATERIA 12V ALARME	1	R\$ 19,50	R\$ 19,50
ABRAÇADEIRA PLÁSTICA COM TRAVA (PACOTE)	1	R\$ 4,50	R\$ 4,50
PINCEL FINO	1	R\$ 5,90	R\$ 5,90
TRINCHA PINCEL	2	R\$ 4,02	R\$ 8,04
FIO CAPA PLÁSTICA 0,14 MM	2	R\$ 1,00	R\$ 2,00
IMÃ DE NEODÍMIO	3	R\$ 20,71	R\$ 62,13
FOLDER LONA 90X120CM	1	R\$ 130,00	R\$ 130,00
FIO 0,14MM COBRE, COM CAPA ISOLANTE	2	R\$ 1,00	R\$ 2,00
CABO COM PLUG P-2 MACHO/MACHO	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
NIPLE PARA LUMINÁRIA, 30 MM, COM PORCA (PACOTE)	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
PORCAS E ARRUELAS	1	R\$ 5,90	R\$ 5,90
PARAFUSOS	1	R\$ 5,50	R\$ 5,50
TINTA A BASE DE ÁGUA, BRANCA (TINTA CORALIT 0,9L BRANCA)	1	R\$ 31,00	R\$ 31,00
TINTA A BASE DE ÁGUA, BRANCA (TINTA CORALIT 0,9L BRANCA) - OPCIONAL	1	R\$ 31,00	R\$ 31,00
TINTA ACRÍLICA VERMELHA (BISNAGA) 20 ML	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
TINTA ACRÍLICA OCRE (BISNAGA) 20 ML	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
TINTA ACRÍLICA VERDE (BISNAGA) 20 ML	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
VERNIZ ACRÍLICO BRILHANTE	1	R\$ 11,00	R\$ 11,00
LIXA D'ÁGUA	1	R\$ 2,10	R\$ 2,10
SOLDA 40/60	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
TOTAL			R\$ 430,66

Para a montagem, as ferramentas necessárias, são:

Quadro 4

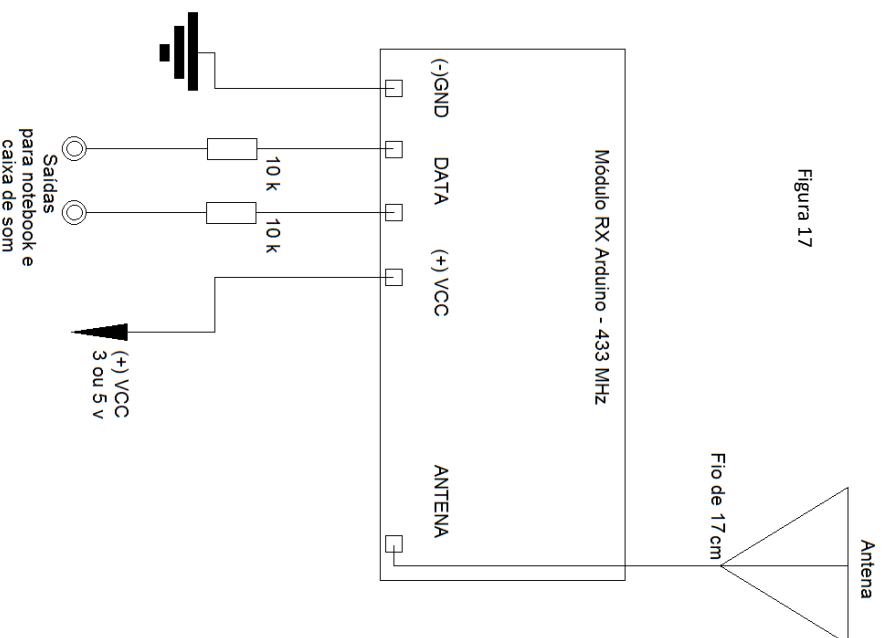
FERRAMENTAS	QUANTIDADE
FERRO DE SOLDAR 30 WATTS	1
ALICATE DE CORTE	1
ALICATE	1
CHAVE DE FENDA	1
FURADEIRA ELÉTRICA	1
BROCAS PARA METAL/PLÁSTICO/MADEIRA (DIÂMETRO DE ACORDO COM OS PARAFUSOS)	1
SERRA DE AÇO RÁPIDO 30 CM	1
PINCEL/TRINCHA	1
TRENA/RÉGUA	1
LÁPIS/CANETA	1

Diagramas Transmissor (TX) e Receptor (RX)



O ímã de neodímio, representado pelo retângulo com as indicações norte (N) e sul (S), ao ser aproximado do interruptor magnético, do tipo *Reed Switchch*, fecha seu contato. Este interruptor está soldado aos terminais de um dos botões de acionamento do controle remoto de 433 MHz. Contato fechado, o TX é acionado, gerando uma frequência modulada com o código específico programado no controle (que não interessa para este simulador). O transmissor é alimentado por uma pequena bateria comercial de 12 v, própria para este dispositivo. A antena é integrada na própria placa de circuito impresso do TX, e aqui foi representada com a simbologia apropriada. Figura 17.

Figura 17

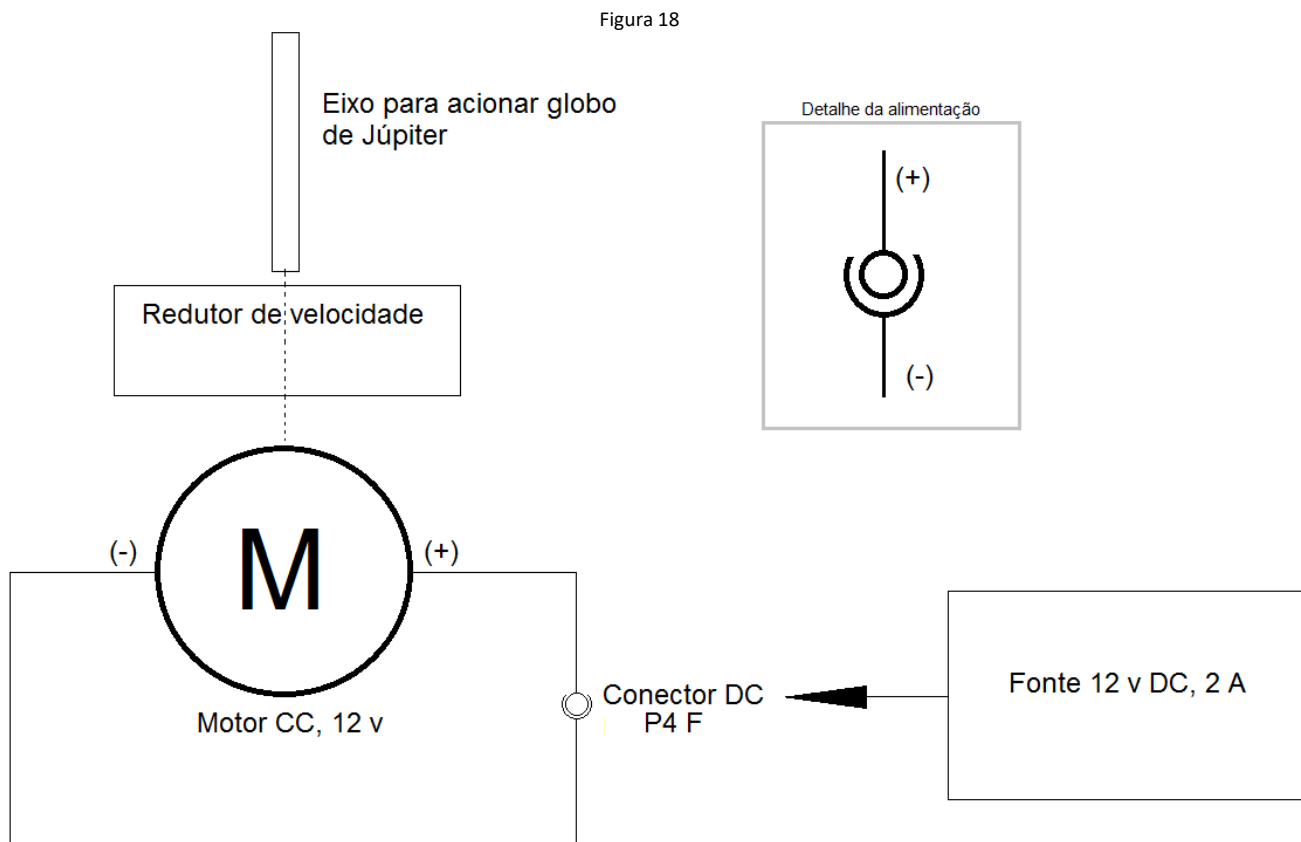


No lado do receptor Arduino (RX), a antena, constituída por fio encapado de cerca de 17 cm de comprimento, que é o tamanho de $\frac{1}{4}$ de onda para 433 MHz.

O RX pode ser alimentado por bateria de 3v, ou pela alimentação de 5 V, oriunda da Porta USB do notebook.

Dois resistores de 10 K Ohm, por 1/8 Watt são utilizados na saída de dados do receptor. Servem para proteção dos circuitos e para reduzir o nível do sinal. Figura 17.

Diagrama do Motor (para versão motorizada)



Caso seja construída a versão motorizada, o diagrama elétrico consiste basicamente da interligação elétrica dos terminais do Motor ao conector P4F. Como o motor é de corrente contínua, deve-se observar a ligação correta dos fios correspondendo à polaridade dos terminais da fonte de alimentação utilizada. O próprio motor possui engrenagem acoplada para redução de velocidade para 3 RPM.

Nesta montagem, o terminal central do conector P4 (F, fêmea; M, macho) corresponde ao polo positivo e o terminal externo ao polo negativo da fonte de alimentação de 12 v.

O eixo do motor será acoplado a uma barra rosqueada para sustentar o globo de isopor de Júpiter. Figura 18.

Esquemas de Montagem

Figura 19

SIMULADOR IO-JÚPITER

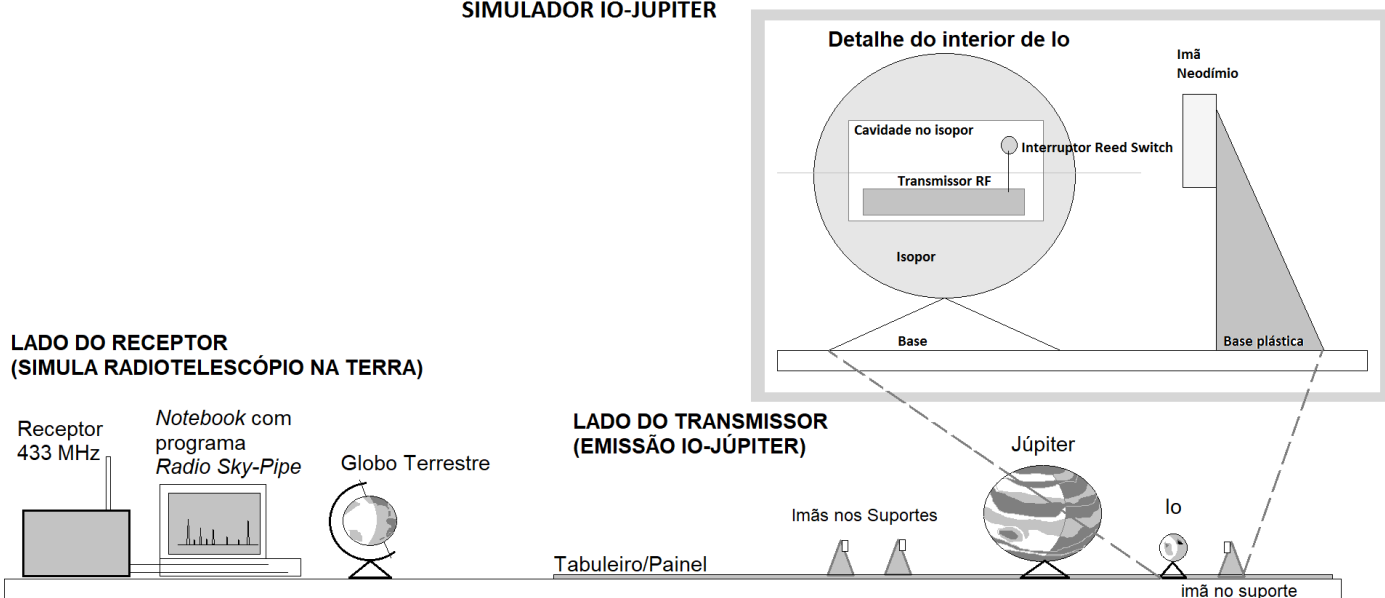


Diagrama simplificado de montagem, Figura 19, destacando:

Instalação do TX dentro da esfera de isopor de Io;

Suportes dos ímãs de neodímio – de plástico rígido ou papelão;

Localização do tabuleiro com Júpiter (não motorizado), os três ímãs e Io;

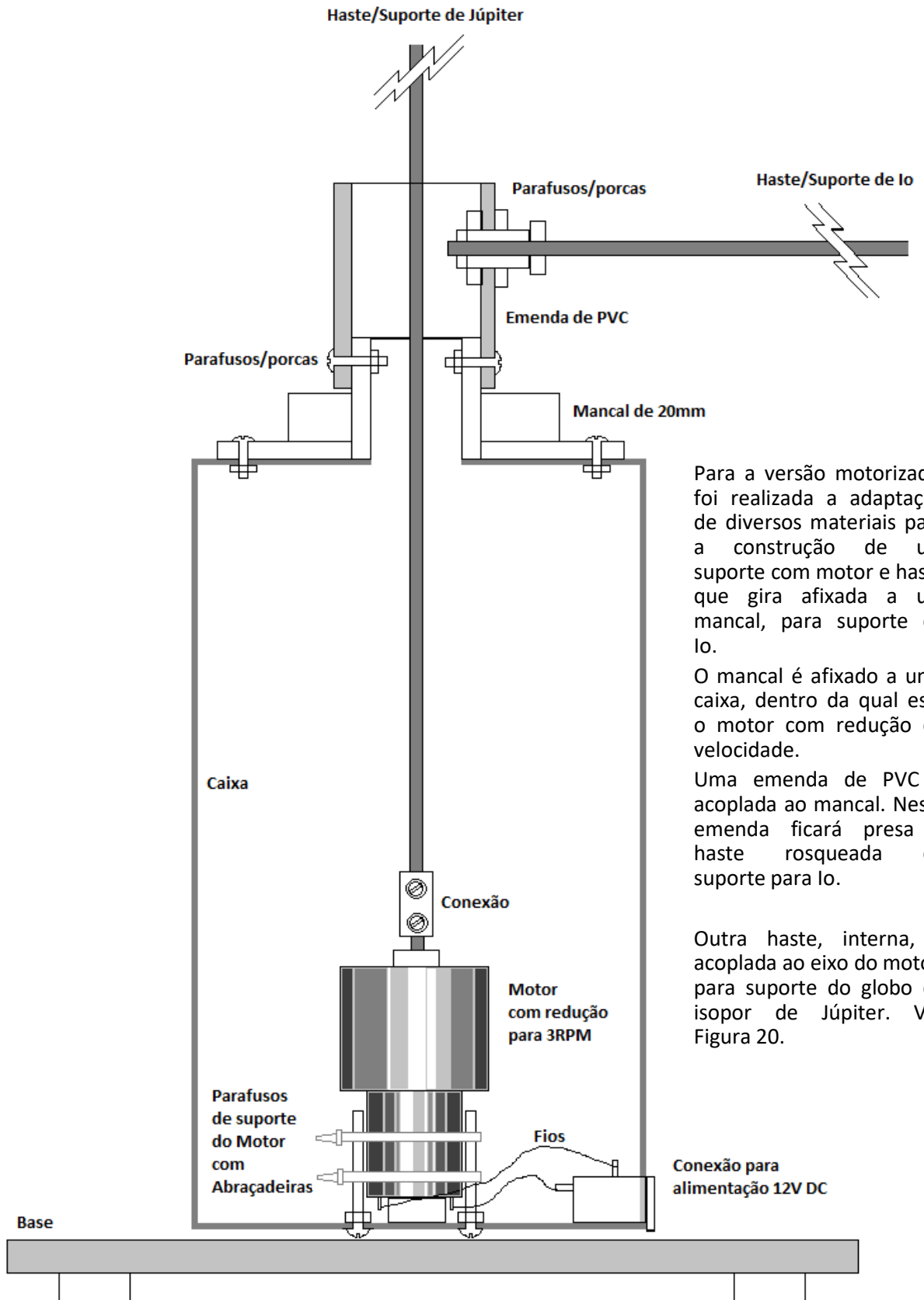
Localização do lado da Terra, com a simulação do radiotelescópio experimental do *Radio Jove*;

No lado da Terra: o receptor de 433 MHz, montado dentro de uma caixa, o *notebook* com o programa *Radio-Sky Pipe* e um pequeno globo terrestre para indicar a posição do local de recepção (no lado noturno da Terra) – que deve estar voltada para Júpiter.

Esquemas de Montagem

Diagrama de instalação do motor e do eixo para o globo de Júpiter.

Figura 20



Para a versão motorizada, foi realizada a adaptação de diversos materiais para a construção de um suporte com motor e haste que gira afixada a um mancal, para suporte de Io.

O mancal é afixado a uma caixa, dentro da qual está o motor com redução de velocidade.

Uma emenda de PVC é acoplada ao mancal. Nesta emenda ficará presa a haste rosqueada de suporte para Io.

Outra haste, interna, é acoplada ao eixo do motor, para suporte do globo de isopor de Júpiter. Ver Figura 20.

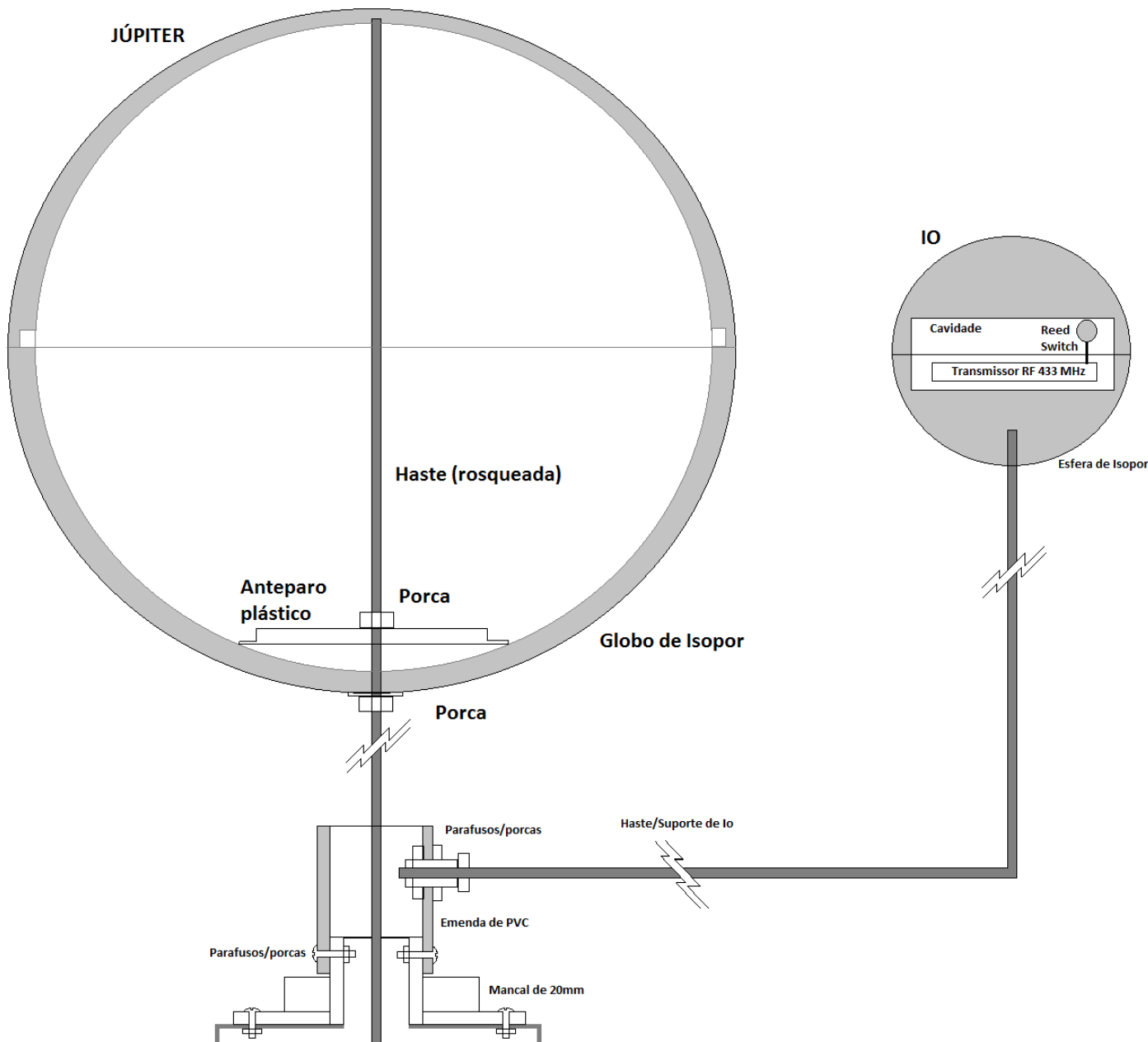


Figura 21. As hastes rosqueadas de suporte de Ío e Júpiter permitem sua fixação por meio de porcas.

As esferas de isopor são leves e não representam uma carga muito alta para as hastes.

SUORTE DOS IMÃS: Na versão motorizada, foram utilizadas hastes de alumínio presas em bases de madeira, para suporte dos ímãs, de modo a ficarem na altura de Ío, que, ao ser girado na órbita de Júpiter, aciona o sinal de rádio (pelos ímãs).

A estas hastes, foram afixados recortes de plástico azul para simbolizar as linhas de campo magnético intenso de Júpiter, por onde Ío orbita e interage com as partículas carregadas.

Procedimentos de Montagem

Preparação dos Materiais, Figuras 23 e 24

Conferir materiais e ferramentas.

Figura 23



Figura 24



Cortar com a serra de aço rápido as hastes das barras de vergalhão com as seguintes medidas :

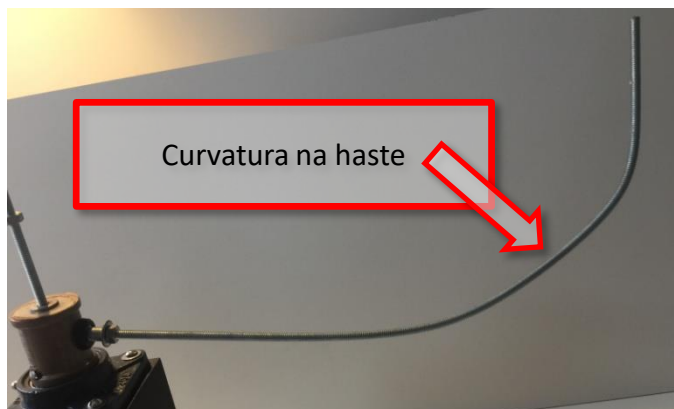
TAMANHOS	QUANTIDADES
55 CM (haste de Io)	1
50 CM (haste de Júpiter)	1

Lixar as rebarbas e as extremidades das hastes para evitar ferimentos;

Figura 25

Para a haste que será o suporte de Io, deve-se começar a fazer uma curvatura a aproximadamente 35 cm da extremidade, de modo que parte menor da haste, cerca de 15 cm, será onde Io ficará apoiada. Utilizar alicates. Figura 25.

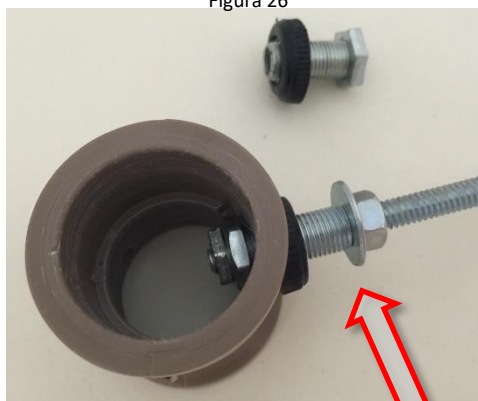
Separar estas hastes para uso posterior.



Procedimentos de Montagem – Base e Motor

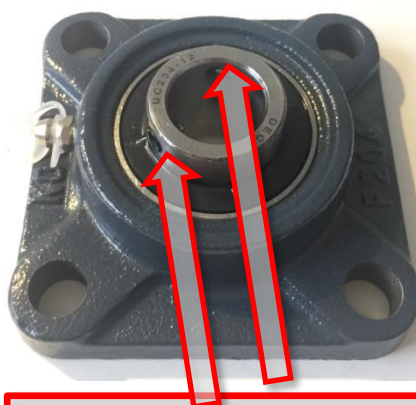
A luva de emenda de PVC deve ser perfurada com furo compatível com o diâmetro do NIPLE de luminária (cerca de 1 cm) usado. Esta peça é um cilindro com rosca externa e um furo que possibilita a passagem de fios para luminárias. Através deste furo, a haste de lo será afixada, com porcas de $\frac{1}{4}$, ou conforme diâmetro da haste usada. Na luva de PVC, também devem ser feitos furos de menor diâmetro, correspondentes aos furos que existem no rolamento do mancal. Por estes dois furos, serão instalados pequenos parafusos com porcas que travarão a luva de PVC ao mancal, Figuras 26, 27 e 28.

Figura 26



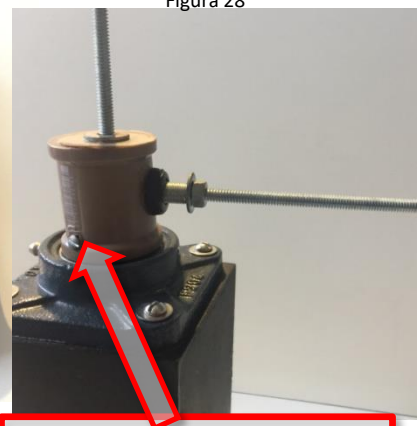
Niple instalado na luva de PVC

Figura 27



Furos do rolamento do mancal

Figura 28



Parafuso na luva de PVC

Figura 29

A caixa de MDF com tampa, de 9 x 9 x 15 cm, deve ser perfurada, na sua base, com diâmetro suficiente para a passagem da haste de Júpiter. O fundo desta caixa será a parte superior do suporte de lo e Júpiter. A tampa da caixa será o suporte para o motor com redução de velocidade;

Com o mancal, Figura 29, marcar os quatro locais onde deverão ser efetuadas perfurações para fixá-lo na caixa e efetuar as perfurações. O mancal será utilizado para ser o suporte da luva de PVC que, por sua vez, será o suporte da haste de lo. O mancal possui rolamento interno que permite que a haste de lo possa girar livremente nos 360° de sua órbita;

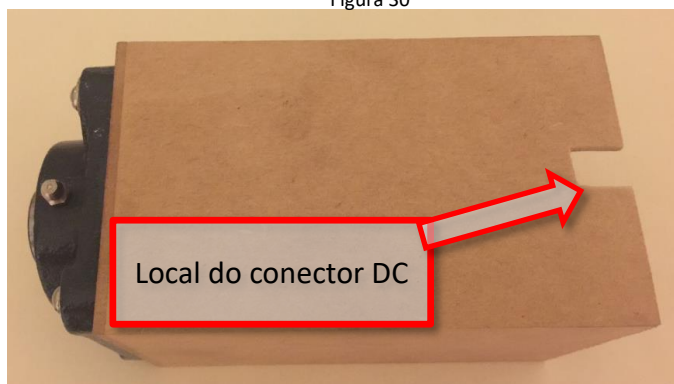
Afixar o mancal na caixa de MDF;



Fixação do mancal

Procedimentos de Montagem – Base e motor.

Figura 30



Parafusos para fixação do motor na base

Localizar o centro do eixo de rotação do motor com redução, para que este centro coincida com o furo superior feito na caixa de MDF onde o eixo do suporte de Júpiter passará, Figura 31. Marcar quatro locais para furos por onde parafusos serão instalados – com as respectivas porcas, travando-os no local. Estes parafusos serão pequenas hastes que segurarão o motor no lugar, com o auxílio das abraçadeiras plásticas.

Antes de fixar o motor no local, soldar os fios nos seus terminais elétricos. Se os fios forem da mesma cor, identificar com um nó qual o positivo; Soldar o positivo na posição correspondente ao positivo do conector P4F (geralmente o pino central) e o outro ao negativo. Afixar o motor à base. Testar a ligação, conectando-a brevemente à fonte DC, 12v, 2 A;

Com uma seção da BARRA SINDAL, Figura 31, aparafusá-la de um lado ao eixo do motor e, do outro lado, à barra da haste de Júpiter. Verificar para que o eixo fique o mais simétrico e central possível, para que o movimento de Júpiter não se torne oscilante, nem que o globo fique inclinado;

Na base da caixa, Figura 30, recortar espaço para a localização do conector de DC, P4F, que alimenta o motor de corrente contínua. Este conector será afixado na tampa onde foi preso o motor, Figura 31. Deve-se medir o local do conector e marcar o local de quatro pequenos furos por onde as abraçadeiras plásticas manterão o conector firme em seu local;

Figura 31

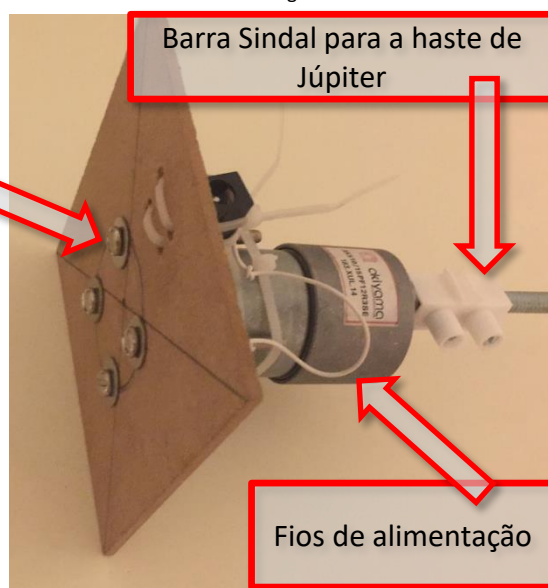


Figura 32



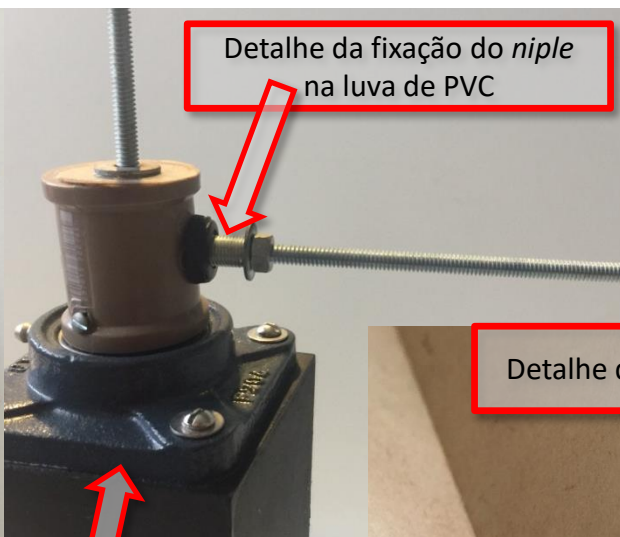
Procedimentos de Montagem – Base e motor.

Figura 33



Detalhes da instalação

Figura 34



Detalhe da fixação do *niple* na luva de PVC

Figura 35



Detalhe da fixação

Instalar o conjunto da base do motor dentro da caixa de MDF, observar o lado correspondente ao conector P4F. Utilizar presilhas que permitam aparafusar a base de sustentação de Io-Júpiter posteriormente na prancha/prateleira de 40 x 25 cm, Figura 35. Marcar os locais dos furos para passagem dos parafusos;

Instalar a luva de PVC no mancal, Figura 34, fazendo coincidir os dois furos menores com os furos do mancal. Com cuidado, utilizando alicate de pinça, segurar as porcas internamente à luva de PVC e aparafusar os dois parafusos de travamento da luva ao mancal;

Afixar o *niple* com as respectivas porcas na luva de PVC, Figura 34. Rosquear uma das porcas de $\frac{1}{4}$ na haste de Io com certa folga, e passar a haste de Io (lado com maior comprimento) pelo niple. Com outra porca de $\frac{1}{4}$, por dentro da luva de PVC, travar a haste de Io na sua posição. Ter atenção para que não fique inclinada. Testar o movimento livre da haste de Io em torno da haste de Júpiter (que é central à luva de PVC);

Testar novamente o movimento do motor e de eixo de júpiter;

Separar a base com as hastes para uso posterior.

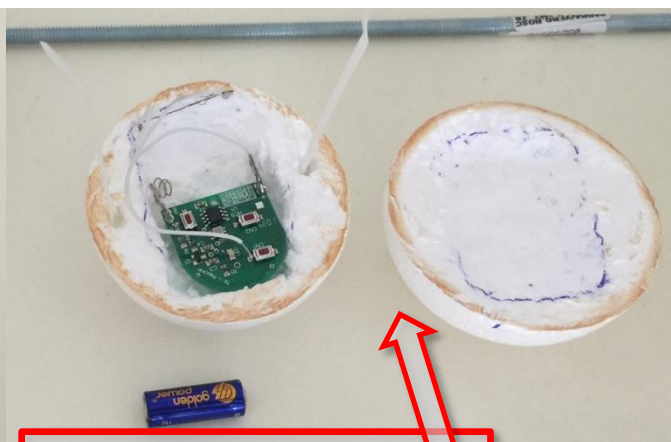
Procedimentos de Montagem – Globos de Io e Júpiter.

IO - O globo de isopor de Io deve ser cortado ao meio e, em seu interior, devem ser escavados, cuidadosamente, espaços nas duas metades para acomodar o TX do controle remoto, com a bateria e o *reed switch*, Figuras 36 e 37. Testar se o TX cabe com relativa folga no interior de Io. Deve-se também fazer um furo no lado externo correspondente à base da esfera de Io, para afixar Io à sua haste (ou à base, na versão não motorizada);

Figura 36



Figura 37



Espaço para o TX em Io

Pintura, Figura 38: Lixar levemente a esfera de isopor, com lixa fina. Pintar com tinta acrílica branca (à base de água). Esperar secar. Selecionar imagem típica de Io, na Internet ou em livros e desenhar com lápis, na esfera de Io, as regiões que serão representações dos vulcões do satélite natural. A cor amarela, predominante em Io, será aplicada em toda a esfera e nos locais dos vulcões deve-se aplicar coloração ocre, ou marrom; Pintar pequenas manchas para representar formações diversas no satélite. Após secar, passar camada de verniz brilhante, próprio para tinta acrílica.

Figura 38



Detalhes da pintura

Figura 39



Aproveitamento de abraçadeira plástica para fixar as duas metades do globo de Io em pequenos furos no isopor

Procedimentos de Montagem – Globos de Io e Júpiter.

JÚPITER - O globo de isopor de Júpiter também deve ser lixado levemente, com lixa fina. Aplicar base de tinta acrílica branca – à base de água - e esperar secar. Se achar necessário, aplicar outra demão e esperar secar. O globo de Júpiter, de 25 cm de diâmetro, é composto por duas partes que se encaixam e possui interior oco. Em uma das metades do globo, que será o hemisfério convencionalmente designado como Sul do planeta, fazer um furo suficiente para a passagem da haste de suporte do planeta, Figura 40.

Instalar provisoriamente o globo na haste, Figura 41: Uma porca de $\frac{1}{4}$ deve ser enroscada até o ponto onde o planeta ficará. Cortar um pequeno círculo de papelão ou plástico rígido, com cerca de 3 cm de diâmetro, e no centro deste círculo furar o suficiente para a passagem da haste. Este pequeno círculo evita que o isopor – na base do planeta – seja danificado com o próprio peso em contato com a porca. Instalar as duas metades da esfera de Júpiter;

Figura 40



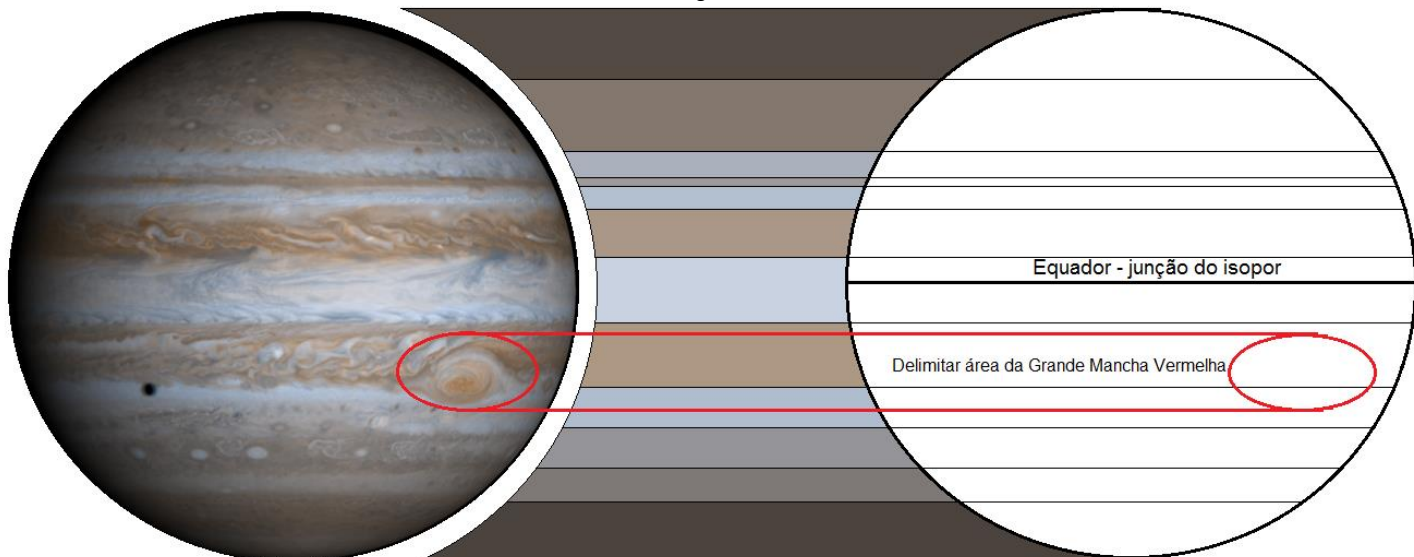
Figura 41



Afixar círculo de papelão de 3 cm de diâmetro e a porca sob o globo, na haste, como anteparo do planeta

Procedimentos de Montagem – Globos de Io e Júpiter.

Figura 42



<https://solarsystem.nasa.gov/galleries/jupiter-globe>

Delimitar áreas das faixas - perceber a alternância de claros e escuros

Pintura: Pesquisar imagem de Júpiter na Internet. O portal da NASA (<https://solarsystem.nasa.gov/planets/jupiter>) possui diversas imagens de Júpiter, resultado das suas diversas missões. Utilizar uma imagem de Júpiter como guia e desenhar levemente, com lápis, os cinturões de nuvens que caracterizam o planeta;

Sugestão para desenho das faixas de júpiter:

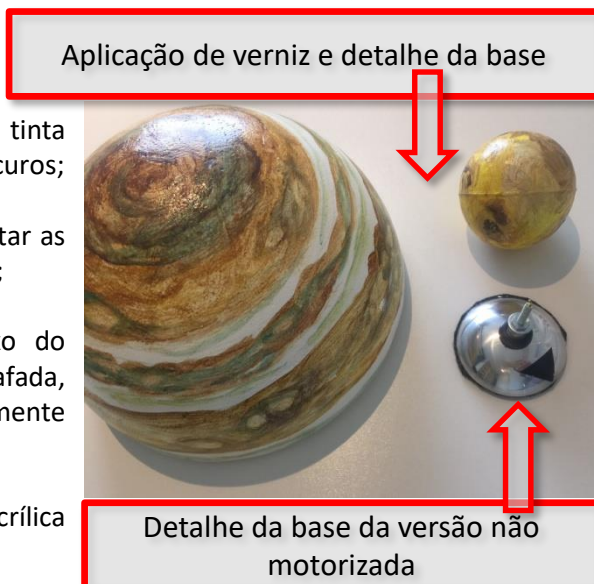
Utilizar o equador do planeta como guia;
Com o globo girando, utilizar o lápis ou pincel fino com tinta aguada, para delimitar as faixas alternadas de claros e escuros;

Marcar nas faixas qual será clara e qual será escura. Pintar as faixas mais claras. Pintar as faixas mais escuras, Figura 42;

A Grande Mancha Vermelha fica ligeiramente abaixo do Equador e, dependendo da época em que foi fotografada, poderá estar maior ou menor, coloração mais intensamente vermelha ou mais pálida;

Esperar secar e envernizar com verniz para tinta acrílica brilhante, Figura 43.

Figura 43



Aplicação de verniz e detalhe da base

Detalhe da base da versão não motorizada

Procedimentos de Montagem – TX em Io.

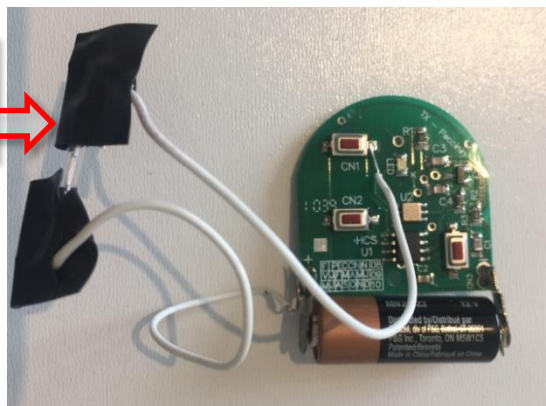
Figura 44



Fiação do REED SWITCH

Fiação do interruptor

Figura 45



Adaptação do controle remoto de portão, de 433 MHz: deve ser desmontado e, em sua placa, deve-se localizar os botões de acionamento, escolher um deles para soldar os fios, Figuras 44 e 45;

Cortar dois pedaços de fios com capa plástica de cerca de 5 cm, desencapar as extremidades (0,5 cm). Soldar um fio em cada terminal do botão escolhido; Geralmente, um dos terminais é um ponto comum de alimentação (- ou +). No controle utilizado, este ponto comum era o positivo da bateria (+). Deve-se soldar com ferro de baixa potência e fino, pois o circuito é muito frágil e sobreaquecimentos o danificariam rapidamente;

Nos outros terminais dos fios, soldar o *REED SWITCH* e isolar os terminais com fita isolante, para evitar curtos-circuitos e acionamentos indesejáveis, Figura 45;

Verificar o encaixe desta montagem na esfera de isopor de Io, que foi preparada anteriormente, Figura 46;

Ao se aproximar um ímã de neodímio da REED SWITCH, o contato é fechado e o TX acionado (um pequeno LED acende no controle remoto), Figura 47;

Figura 47

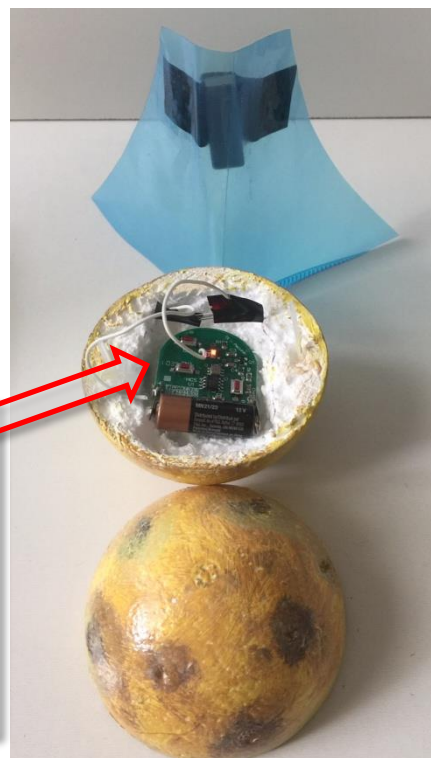
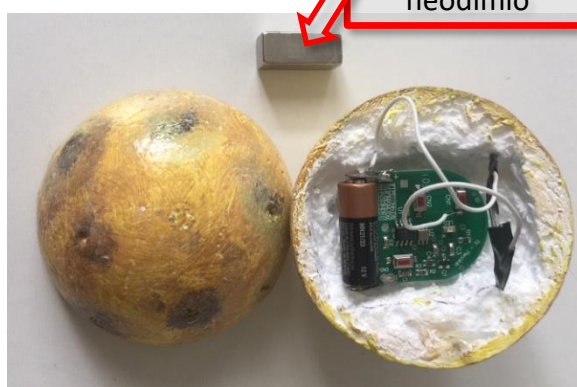


Figura 46



Ímã de neodímio

LED aceso, acionado por ímã de neodímio no suporte plástico (azul)

Procedimentos de Montagem – RX na Terra.

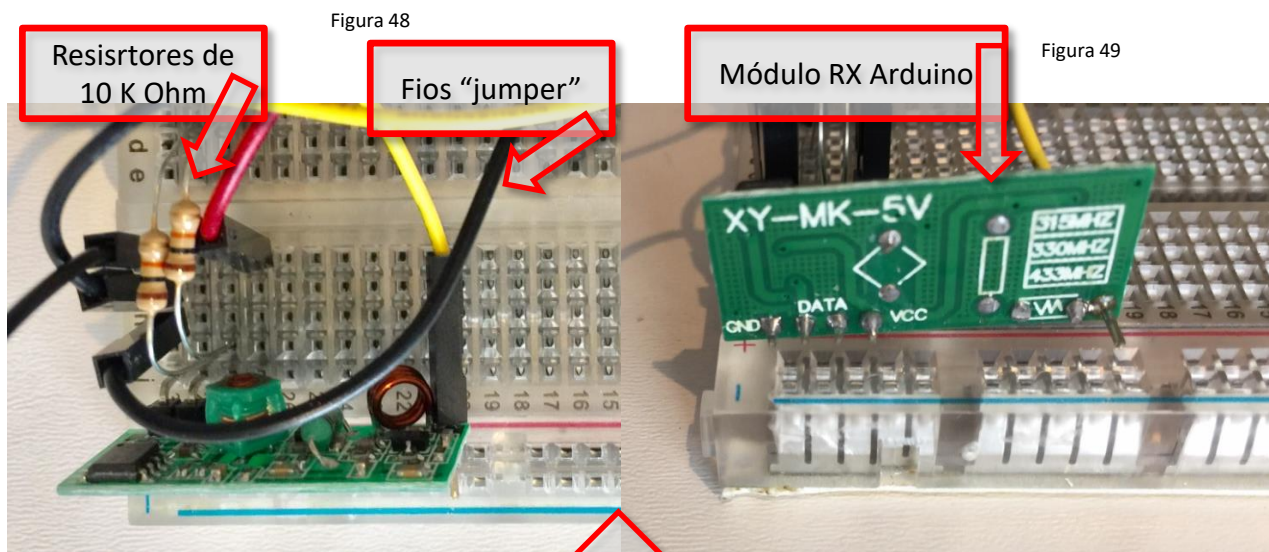
Para o receptor (RX), será utilizado o MÓDULO RECEPTOR ARDUINO de 433 MHz. Identificar os seus terminais: GND, DATA, VCC e a ANTENA, ver Figuras 17 e 49;

Soldar um fio encapado de aproximadamente 17 cm, no terminal da antena;

Encaixar a placa RX no *PROTOBOARD* e instalar os dois resistores de 10 k Ohm (marrom, preto, laranja), 1/8 W, nos furos apropriados. A estes resistores devem ser conectados os dois cabos com plugues P2, para a interligação com o *notebook* e a caixa de som, respectivamente. Deve-se cortar uma das extremidades de cada cabo com conector P2 e soldar seus fios internos, aos correspondentes pontos de terra e de sinal;

Instalar os fios *jumper* de alimentação DC, do RX, esta alimentação pode vir da porta USB do *notebook* ou de baterias externas, Figuras 48 e 49;

Ligar o RX na bateria ou porta USB e os plugues P2 ao *notebook* e à caixa de som; Ao acionar o controle remoto (TX), deve-se ouvir um ruído repetitivo característico, com o código do controle remoto – que corresponde ao sinal que foi demodulado no receptor. No *notebook*, com o programa *Radio-Sky Pipe* poderá ser monitorada a forma de onda recebida. Eventualmente, o receptor poderá receber sinais de interferências.



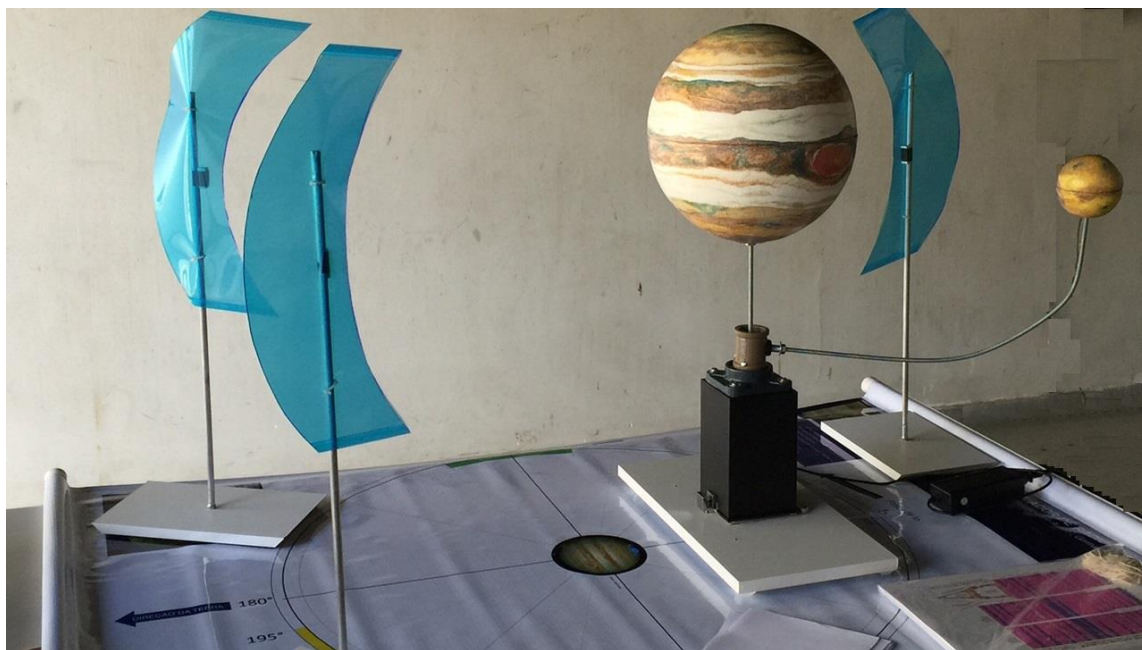
Detalhes do RX, com placa de 433 MHz, módulo do Arduino. Montada em *PROTOBOARD*, com resistores e fiação. É possível identificar os terminais GND, DATA e VCC. O último terminal, à direita, é a antena, com fio amarelo conectado.

Montagem Concluída (versões motorizada e não motorizada)

Figura 50



Figura 51



Testes de Funcionamento

PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA: Na versão motorizada, deve-se ser cuidadoso ao manipular as hastes de suporte de Io, bem como a haste de suporte a Júpiter, que são constituídos por metais com extremidades rígidas, pontiagudas.

Ao ligar a fonte de alimentação ao motor, o eixo girará uma vez a cada 20 segundos – aproximadamente – a velocidade de rotação é de 3 R.P.M. O planeta Júpiter de isopor, afixado ao eixo, também girará. Será possível ajustar o eixo para que fique vertical e ajustar a fixação do isopor em relação à haste metálica;

Ajustar também a posição de Io em relação ao plano do equador de Júpiter, conferir se o mancal está girando livremente com a haste e Io em seus lugares definitivos;

Ao acionar o transmissor de Io, o receptor, ligado ao *notebook* e à caixa de som permitirá que ouçamos o sinal de rádio demodulado. O nível de ruído é bastante elevado, entre os ruídos que caracterizam a recepção de um receptor de rádio, ajustar o nível de ruído para um valor audível confortável.

O receptor utilizado, de 433 MHz, aproveitado da plataforma Arduino, capta muitos sinais interferentes. Se possível, deve-se procurar um ambiente com poucas interferências. Os dois lados da montagem, TX e RX, devem ficar separados a cerca de 5 m de distância, no máximo. Realizar o primeiro teste numa distância de até 2 m.

Ajustar o nível do sinal de entrada no controle da placa de som do notebook;

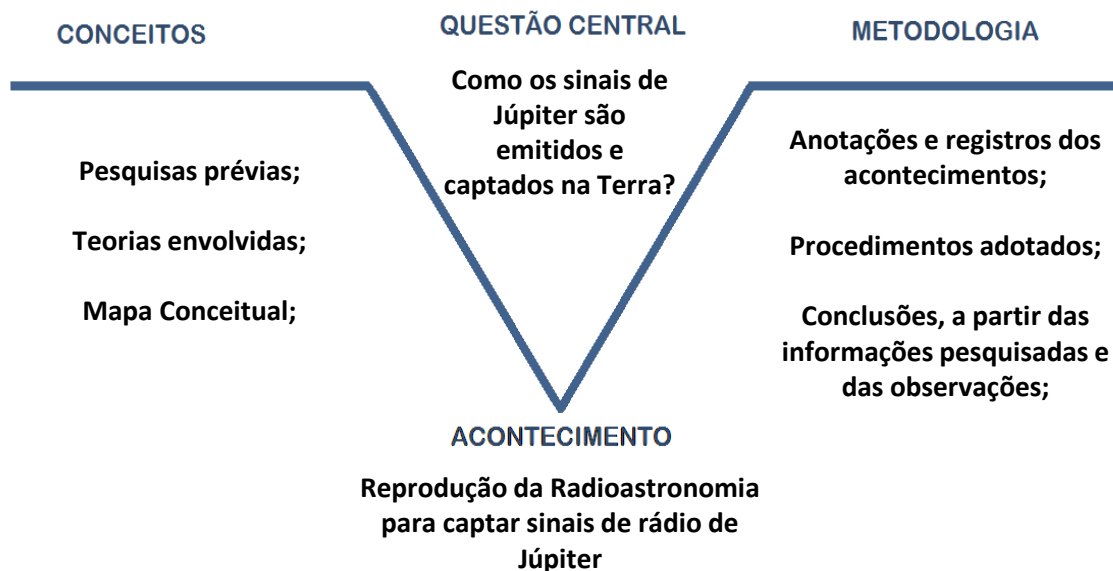
Ajustar a escala apropriada para a intensidade do sinal captado, no software **RadioSky-Pipe**, ver Figuras 13 e 14.

Após concluída a montagem, com a supervisão do professor e participação dos estudantes, realizar experimentos e observações com base nos conhecimentos prévios e novos conhecimentos adquiridos.

Deve-se incentivar a reprodução do processo de produção de radiofrequência ciclotron/síncrotron no planeta gigante Júpiter, com a observação, análise e registro do que acontece no experimento, com o Diagrama em Vê como referência da atitude investigativa. Resgatar as pesquisas realizadas e o Mapa Conceitual.

No exemplo abaixo, sugerimos uma questão central, mas outras podem ser adotadas.

Figura 52



Realizar simulações das condições em Júpiter...

...Para entender os movimentos orbitais e seus tempos de duração:

Deve estar claro que os tamanhos de Júpiter e Io e as distâncias entre ambos no Simulador estão fora de escala.

Enquanto o planeta Júpiter gira em torno do próprio eixo uma vez a cada 9,9 horas, aproximadamente, o satélite natural Io lentamente gira em seu plano orbital, completando uma volta em aproximadamente 42,5 horas. Para facilitar esta simulação, podemos aproximar o tempo de rotação de Júpiter para 10 horas e o da órbita de Io para 40 horas. Desse modo, Io levaria aproximadamente 4 vezes mais tempo para completar sua órbita enquanto **Júpiter** da versão motorizada completa um dia Joviano. Ou pode-se tentar fazer a simulação calculando os tempos.

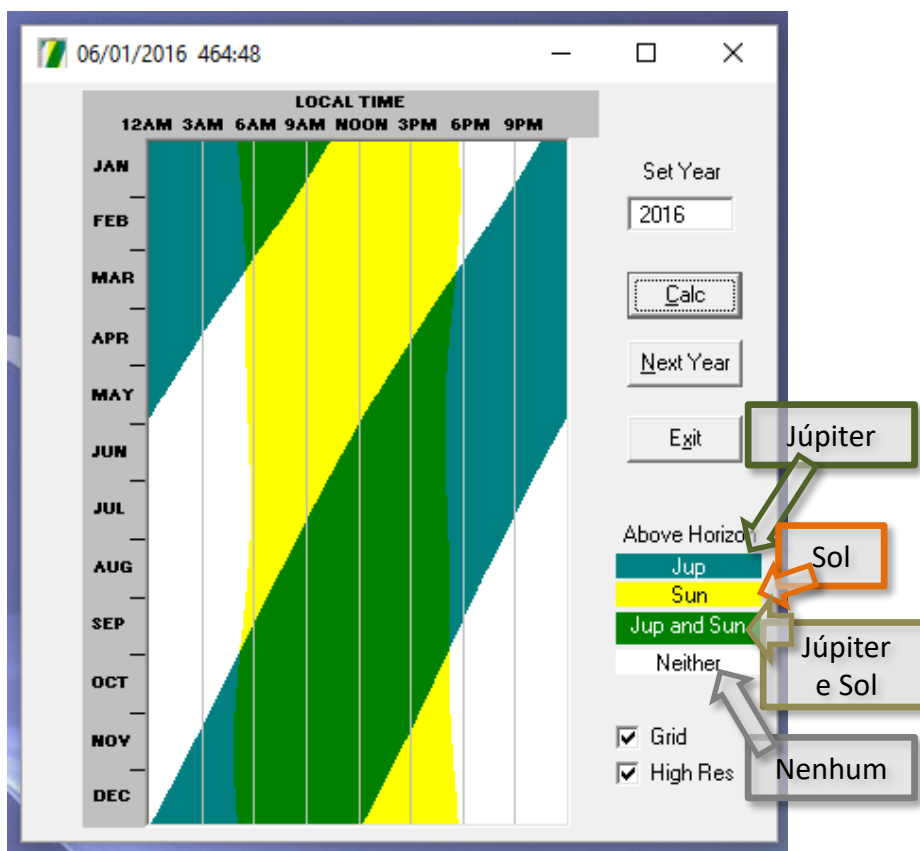
Se não for usada a versão motorizada, os tempos também podem ser controlados com o temporizadores do aparelho celular (smartphone);

Nestas atividades preliminares, a proposta é de exercitar a compreensão da relação entre as fases de Júpiter, Io e as probabilidades de emissão de rádio do Sistema.

A imagem abaixo, é uma cópia de tela do programa *Radio-JupiterPro*. Suponha que foi configurado com as coordenadas do local onde você está. Identifique as melhores épocas para a observação de Júpiter, via rádio em 20,1 MHz, no ano de 2016.

Observe a legenda **Acima do Horizonte** (*Above Horizon*) que mostra o **Sol** (Sun), **Júpiter**(Jup), o **Sol e Júpiter** e **nenhum dos dois**, de acordo com os meses do ano e o horário local do dia, para o observador.

Considere que as observações serão feitas via rádio, como o do *Radio Jove*, de 20,1 MHz.



Em que meses você programaria observações de Júpiter?

Em que faixa de horários por cada mês escolhido? Por que?

Em que época seria mais difícil de observar Júpiter via rádio? Por que?

Procedimento Experimental

No programa de computador **Radio-JupiterPro**, há uma animação em tempo real com as probabilidade de emissão de rádio em três regiões do gráfico, Io-A, Io-B e Io-C. São sinalizadas com o ícone do planeta Júpiter que percorre uma linha inclinada com os horários de cada dia de observação. As áreas vermelhas são as de maior probabilidade e as azuis escuras as de menor probabilidade de o sistema Io-Júpiter emitir sinais de rádio na faixa de 20,1 MHz, que podem ser captados na Terra. Cada gráfico abaixo foi copiado numa data diferente.

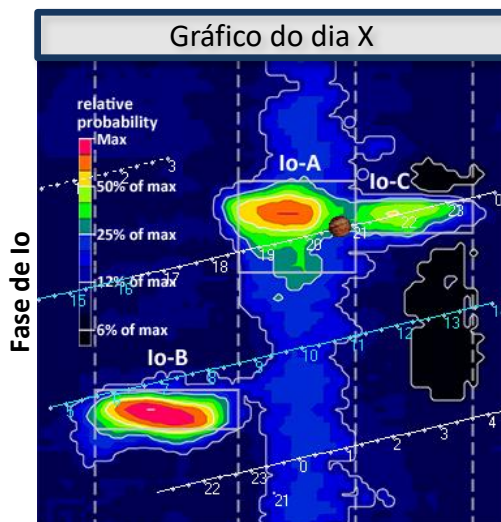
Primeiro localize as regiões de maior probabilidade de emissão de rádio: Io-A, Io-B e Io-C. Localize também o ícone circular representando o planeta Júpiter em cada gráfico.

Agora, verifique: em quais gráficos houve maior probabilidade de emissão? Por que?

Quais os gráficos em que o observador teria menores chances de captada Júpiter? Por que?

Nestes gráficos, a animação ocorre em tempo real, com a imagem de Júpiter, o pequeno círculo marrom, percorrendo a linha inclinada que indica o horário em cada dia específico.

Esta animação apenas indica a probabilidade de captar sinais naquela data e horário, conforme legenda **"Relative Probability"** com o código de cores. Não deve ser confundida com o planeta Júpiter mergulhado em alguma região do espaço.

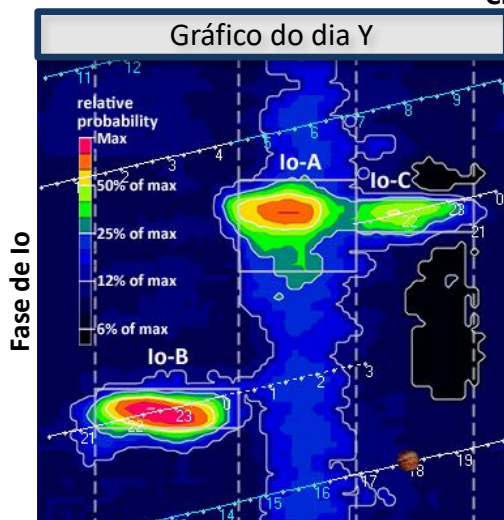


Antes da atividade prática, o professor explicará os conceitos:

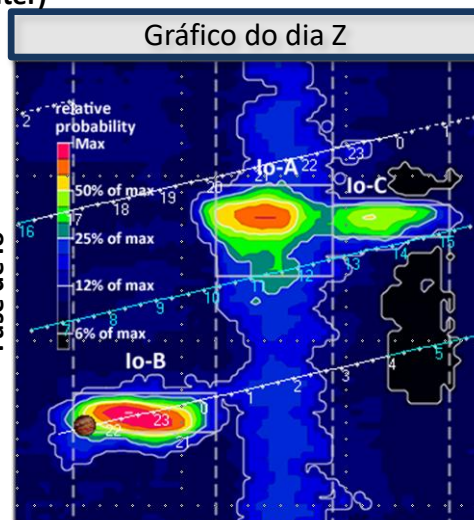
CML - *Central Meridian Longitude* - o meridiano da longitude em Júpiter que está na direção do observador na Terra, num determinado momento; como Júpiter gira uma vez a cada ~10 horas, a CML está constantemente mudando de 0° a 360°.

Fase de Io – posição de Io em relação a Júpiter, quando visto da Terra.

CML (rotação de Júpiter)



CML (rotação de Júpiter)



CML (rotação de Júpiter)

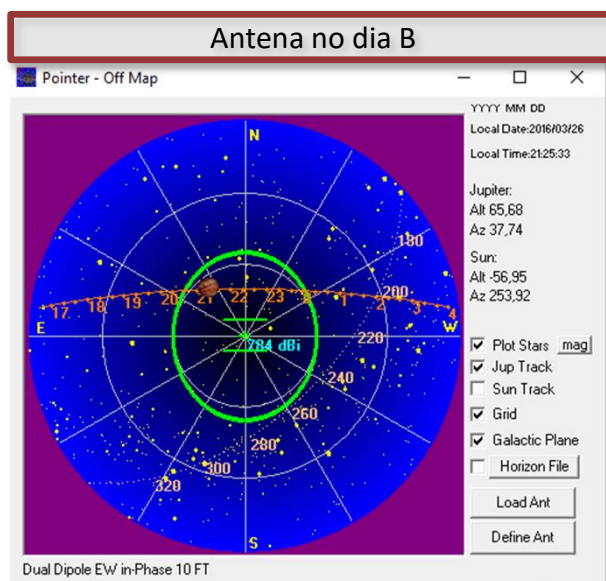
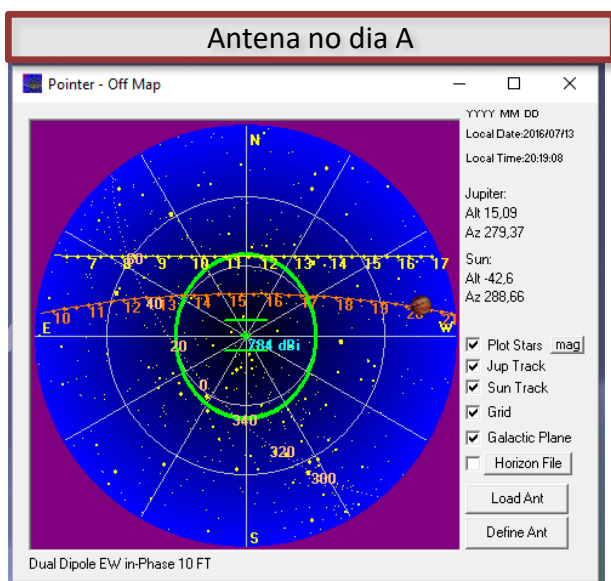
Fonte: telas do programa *Radio-Jupiter Pro*

Procedimento Experimental

O programa **Radio-JupiterPro** também possui uma animação com o Sol (círculo amarelo), e Júpiter (Círculo marrom) ao transitarem pelo lóbulo de maior sensibilidade da antena (elipse verde). Localize a orientação geográfica N, S, L, O, o Sol, Júpiter e a elipse do lóbulo da antena, que está apontando diretamente para o Céu.

Com relação ao diagrama da antena, qual das imagens representa maior chance de captar o sinal?

Qual sinal teria mais chances de ser captado? Sol ou Júpiter? Por que?



Com o Simulador de Io-Júpiter montado e testado, realizar simulações das emissões.

O emissor de rádio de Io deve ser ativado pelos imãs, que representam o intenso campo magnético de Júpiter em cada região do tabuleiro de maior probabilidade.

Organizar duas equipes “Radiotelescópio na Terra” e “Gerador de Rádio Em Io-Júpiter”.

Gerador de Rádio Em Io-Júpiter

São três regiões, Io-A, Io-B e Io-C – em cada uma delas um estudante com um imã;

Outro estudante fará a órbita de Io em torno de Júpiter, passando por cada região tentando acertar o tempo (em segundos) do Quadro 1.

Recomenda-se o controle deste tempo por outros estudantes.

Para começar a simulação, o tempo de início da *Equipe Gerador de Rádio Em Io-Júpiter* deve ser sincronizado e cronometrado por outro estudante com o início do registro da recepção no computador pela *Equipe Radiotelescópio na Terra*.

O final da simulação também deve ser sincronizado com a outra equipe.

Nesta simulação, os estudantes devem ter noção de que os tempos estão acelerados em relação aos eventos reais e as distâncias estão fora de escala.

Radiotelescópio na Terra

Esta equipe simulará um radiotelescópio na Terra, no horário noturno, com Júpiter alto no céu, em período de intensa emissão de rádio na faixa do radiotelescópio experimental do *Radio Jove*, em 20,1 MHz;

Com o receptor de rádio adaptado do Arduino conectado à placa de som do *notebook* e à caixa de som, ver Figura 15 do manual, testar o funcionamento com o programa ***Radio-SkyPipe*** para registrar o sinal graficamente e sincronizar o tempo de início e término da sessão de recepção com a *Equipe Gerador de Rádio Em Io-Júpiter*.

Os sinais captados devem ser registrados no Quadro 2, na coluna do Tempo, em segundos. Deve-se zerar o cronômetro no começo da sessão, registrar o tempo de cada recepção captada, no gráfico e no receptor e concluir a sessão.

ESTUDANTES: Montar a estrutura do tabuleiro e planeta com Io – com o transmissor e o receptor de rádio interligado ao notebook, analisar, observar e registrar o que acontece no Diagrama em Vê:

EQUIPE IO-JÚPITER: No tabuleiro do Simulador, efetue os movimentos do satélite natural Io em sua órbita em torno de Júpiter, conforme tabela ao lado (sincronize o tempo com o cronômetro do celular).

Nesta tabela, por questões de simulação, as coordenadas CML estão pré-definidas arbitrariamente.

Quadro 1 – Fases de Io

FASE	TEMPO	CML
IO-B	00:20	90~200
IO-A	00:50	200~290
IO-C	00:55	290~10
IO-B	01:40	90~200
IO-A	02:10	200~290
IO-C	02:15	290~10
IO-B	03:00	90~200
IO-A	03:30	200~290
IO-C	03:35	290~10

Com o simulador montado, um estudante deve simular os movimentos de Io, em torno de Júpiter e outros 3 estudantes os campos magnéticos nas regiões Io-A, Io-B e Io-C.

Outros estudantes devem cronometrar os tempos de cada equipe e anotar os eventos.

Utilizar o Diagrama Heurístico em Vê.

Equipe “Radiotelescópio na Terra”:

Monitorar a recepção e registro dos sinais de rádio no computador. Sincronizar o tempo de início da sessão de recepção com o de início das emissões (usar cronômetro do celular). Depois, correlacione com as fases de Io (B, A, C e as coordenadas de Júpiter).

Quadro 2 – Registro das Fases de Io

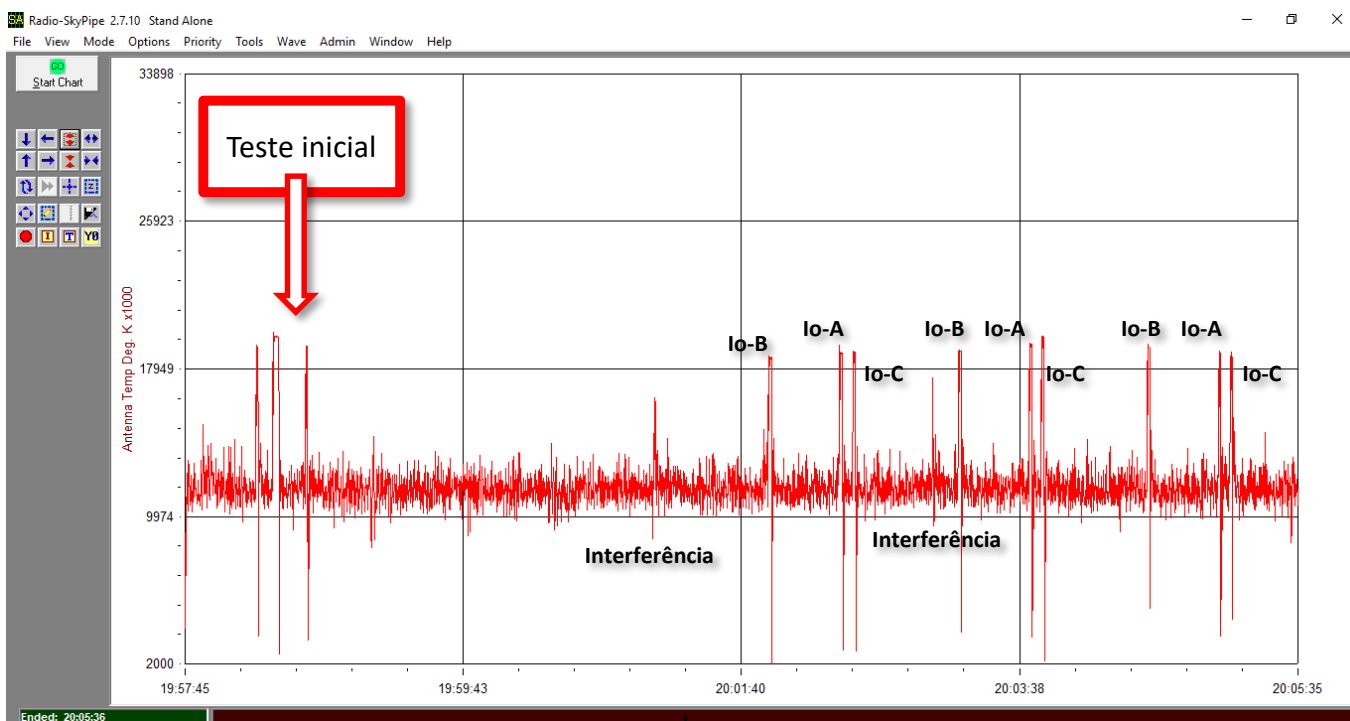
TEMPO (s)	FASE DE IO	CML
		90~200
		200~290
		290~10

Depois de anotados os tempos captados no receptor e registrados no computador e no Quadro 2, completar as fases de Io em cada posição do tabuleiro Io-A, Io-B e Io-C, conferindo se ficarão coerentes. Completar também as coordenadas CML de Júpiter, que são valores que se repetem, conforme quadro 1, pois estão relacionados à rotação do planeta Júpiter.

Exemplo de utilização do programa *Radio-SkyPipe*, com Io sinalizando as regiões de maior possibilidade de emissão, ao ser acionada com o imã para gerar o sinal de rádio.

O sinal é captado com o receptor Arduino adaptado e interligado ao computador.

Observar que há captação de muitos ruídos espúrios (interferências).



Fonte: tela do programa *Radio-SkyPipe*

Os tempos de observação nesta simulação foram acelerados, para fins didáticos. Estão de acordo com a marcação de tempo do Quadro 1 – Fases de Io.

Atentar para que a simulação indique o movimento da posição orbital de Io, em relação a Júpiter e à Terra, no sistema denominado *Superior Geocentric Conjunction* – SGC, ver Figura 6.

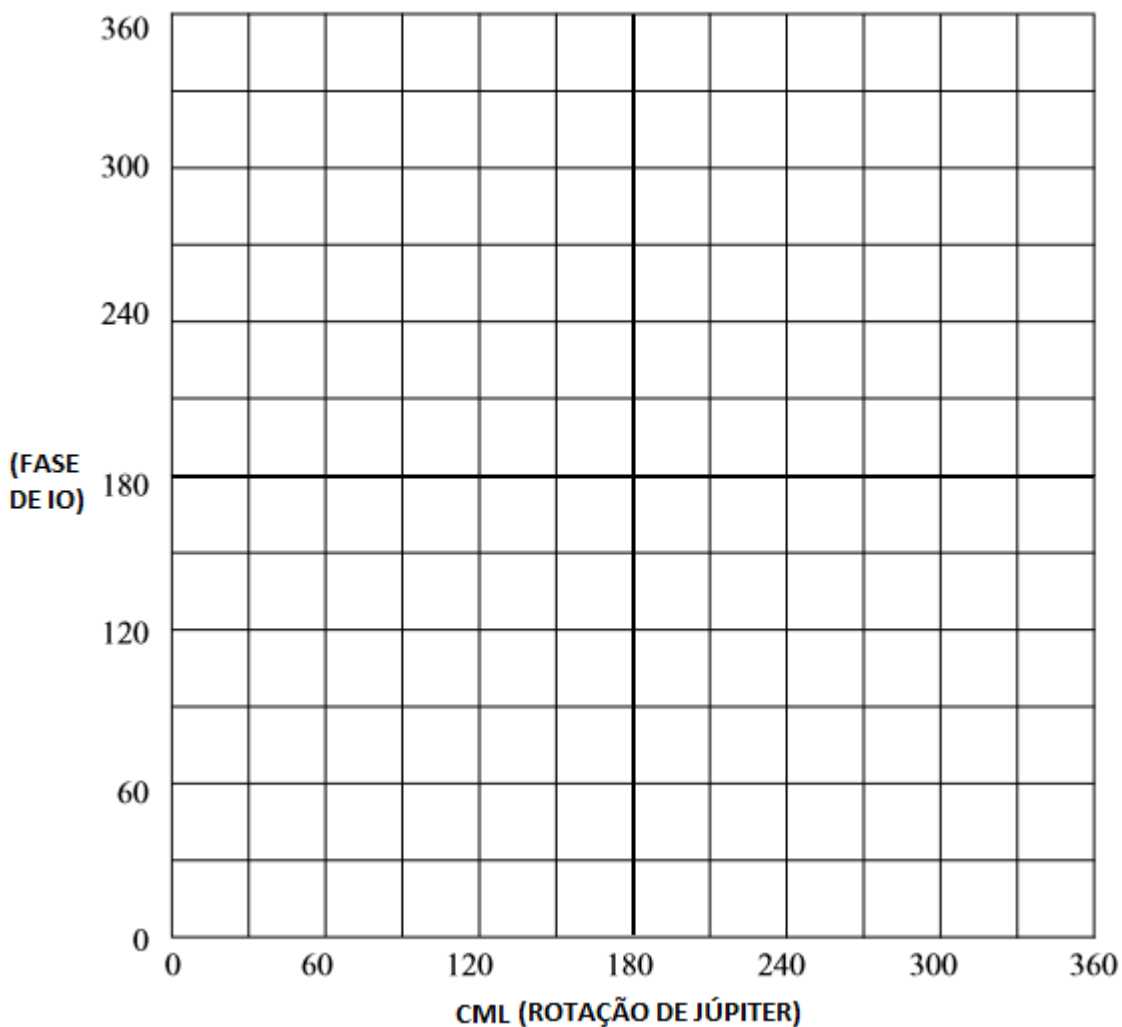
O sentido deste movimento está indicado no tabuleiro com as fases de Io e as regiões de maior probabilidade de emissão: Io-A, Io-B e Io-C, ver Figura 22.

TODOS: A partir das informações disponíveis nas atividades realizadas, preencher o Quadro 3 abaixo com as faixas de coordenadas onde houve maior quantidade de emissões de rádio de Io-Júpiter. Com estes dados, de cada faixa, desenhe no gráfico as regiões de maior probabilidades de emissão.

Comparar as regiões com as do gráfico do programa *Radio-Jupiter Pro*.

Quadro 3

	FASES DE IO	CML DE JÚPITER
IO-B		90~200
IO-A		200~290
IO-C		290~10



Os tempos de observação nesta simulação foram acelerados, para fins didáticos. Se fossem realizadas observações **nos tempos reais** dos movimentos planetários envolvidos, quantos dias de observação seriam necessários, aproximadamente?

RADIOJOVE. Materiais educacionais do **Radio Jove**:

<https://radiojove.gsfc.nasa.gov/education/materials.htm>

Imagens/animações de emissões de rádio de Júpiter (CG images for educational usage. Copyright by Imai Lab., Kochi National College of Technology):

<http://jupiter.kochi-ct.jp/cg/>

Sugestões de leitura:

FLAGG, R. S. **Listening to Jupiter: A Guide for the Amateur Radio Astronomer**. Second Edition. Radio-Sky Publishing. 2005.

THIEMAN, J. et al. **Radio JOVE Educational Activities and Lesson Plans**. 2001. NASA. Disponível em: http://radiojove.gsfc.nasa.gov/education/lesson_plans/lesson_toc.htm.

Programa de computador “RadioSky-Pipe”, para coleta de dados no computador, disponível em:

<http://www.radiosky.com/skypipeishere.html>

Programa de computador para previsão de observações de Júpiter - JUPITER-PRO:

<http://www.radiosky.com/rjpro3ishere.html>



ROTEIRO DE CONSTRUÇÃO E DE EXPERIMENTOS

MARCELO LAGO ARAÚJO

Orientadores: Germano Pinto Guedes
 Marildo Geraldête Pereira



SIMULADOR DE PULSAR

Pulsares são estrelas de nêutrons que giram em alta velocidade, num processo que gera ondas eletromagnéticas. Estes objetos celestes extremos foram descobertos graças à Radioastronomia.

No ano de 1967 ainda não havia os supercomputadores que hoje auxiliam nas pesquisas radioastrômicas, mas os recursos técnicos disponíveis permitiram à pesquisadora Jocelyn Bell Burnell, Figura 1, detectar uma fonte de radiação eletromagnética, caracterizada por pulsos de curta duração, na frequência de 81,5 MHz, com enorme antena com a qual estudava quasares (galáxias distantes).



Figura 1

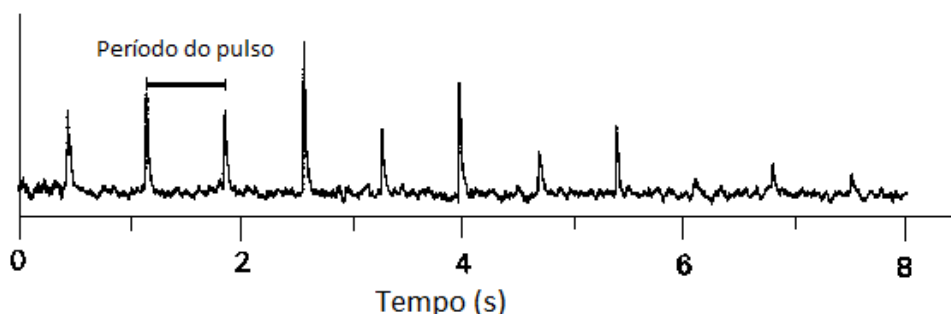
Fonte: <http://www.bbc.co.uk/radio4/features/science-discovery/jocelyn-bell-burnell/#subject-2-topic-1>

Os pulsos eram tão regulares que os pesquisadores cogitaram se eram gerados artificialmente, por algum tipo de radar, satélites artificiais, ou até mesmo ser a transmissão de alguma inteligência alienígena. Após analisaram minuciosamente as características do sinal, viram que seu local no céu seguia o movimento sideral, descartaram origem humana. A descoberta de outros objetos semelhantes os motivou a buscar outras explicações. Exemplo de pulsos na Figura 2, com período regular, mas intensidade variável.

Após a descoberta, que foi amplamente divulgada na imprensa, o astrônomo austríaco Thomas Gold cogitou serem as emissões de rádio originárias de objetos como as estrelas de nêutrons, corpos previstos em teoria, muito compactos, densos, com massa superior à do Sol ocupando o volume de uma esfera de algumas dezenas de quilômetros de diâmetro, o que comprime os átomos, até que os elétrons se unam aos prótons formando nêutrons. Em função do tamanho, essas estrelas deveriam girar em alta velocidade. Por isso eram as melhores candidatas para explicar o fenômeno observado.

Em 1974 – Antony Hewish recebeu o Prêmio Nobel de Física pela descoberta dos pulsares, sua aluna Jocelyn Bell fazia parte da sua equipe quando da descoberta.

Figura 2



Fonte: Manchester, R.N. and Taylor, J.H., Pulsars, Freeman, 1977.

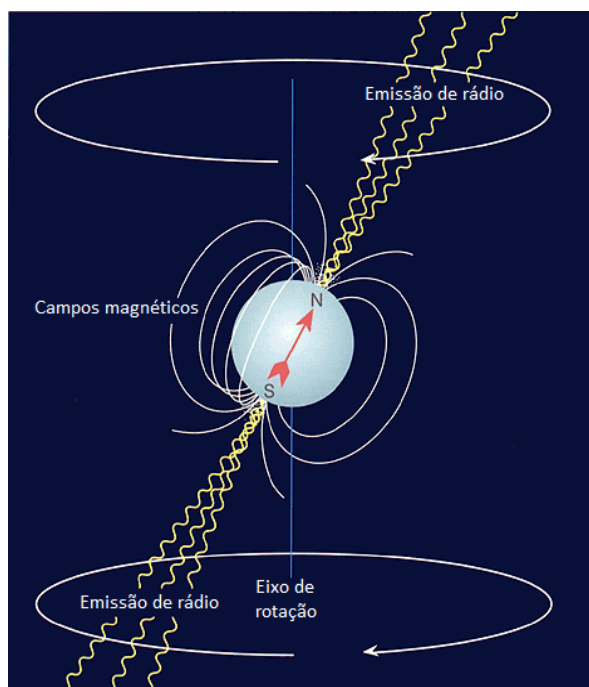
Para a observação dos pulsares são necessários radiotelescópios sensíveis e técnicas de integração dos sinais dos pulsos de curta duração. É importante notar que os pulsos poderão ser observados se o pulsar estiver direcionado de tal modo que, durante sua rotação, o feixe de radiação esteja inclinado em relação ao eixo de rotação e gire como se fosse um farol que brilhasse em direção à Terra. Ou seja, o eixo do campo magnético deve estar inclinado em relação ao eixo de rotação. Pode-se imaginar um pulsar como se fosse a luz de um farol, girando que, à distância, parece piscar (ou pulsar).

As estrelas de nêutrons fazem parte do processo de evolução estelar. Para aquelas estrelas com massa maiores que a do nosso Sol, até cerca de 3 vezes maiores. Em certo tempo de sua evolução, poderão entrar em colapso sobre o próprio peso e explodirem dando origem a uma nebulosa e a uma estrela muito densa e pequena, apenas dezenas de quilômetros, que é a estrela de nêutrons.

Com seu intenso campo magnético que, circundado por partículas carregadas, emitirá radiações eletromagnéticas. Nossas antenas captarão o sinal de rádio, como se fossem pulsos regulares, como os vistos no gráfico, Figura 2.

Do ponto de vista da Terra, o que se observa são pulsos em radiofrequência nas diversas faixas, VHF/UHF/SHF. As características destes pulsos podem indicar em que sentido o pulsar se move, por exemplo, também é possível identificar se há planetas orbitando-o, devido à alta precisão dos pulsos, que sofrerá alguma variação provocada pelo objeto em órbita, mas estas medidas devem considerar e corrigir os próprios movimentos da Terra e dos outros corpos do Sistema Solar, dependendo da precisão que se deseja.

Figura 3



Fonte: adaptado de
https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1993/illpres/discovery.html

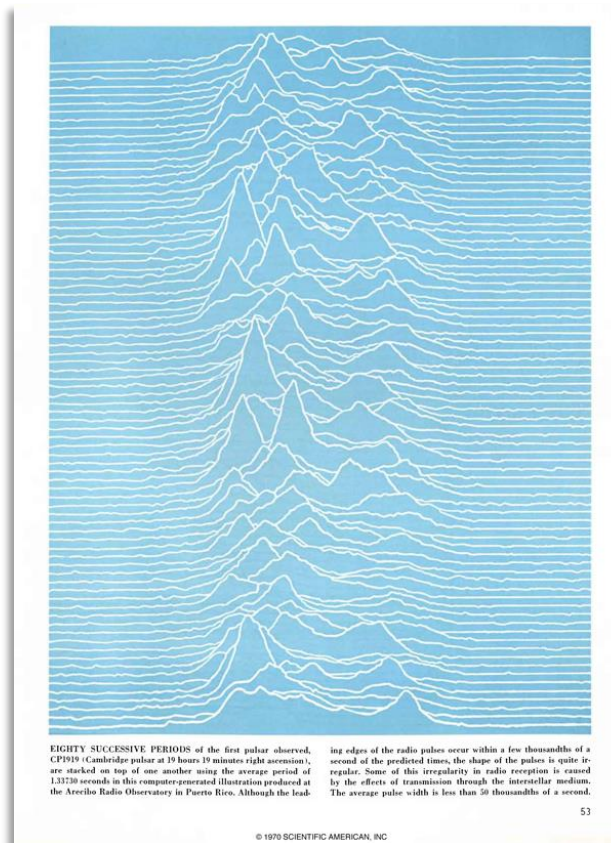
O estudo das estrelas de nêutrons atualmente também conta com radiotelescópios constituídos por arranjos de antenas operando em frequências relativamente baixas, como as do LOFAR (Low Frequency Array), que integram o ASTRON, Netherlands Institute for Radio Astronomy. Um levantamento recente, realizado com antenas deste radiotelescópio, na faixa de 115-155 MHz, descobriu um pulsar de período de rotação de 2,43 milissegundos (Millisecond pulsar), identificado como PSR J1552+5437.

Dos primeiros do tipo a ser descoberto em frequências de rádio inferiores a 200 MHz, abrindo caminho para encontrarmos mais fontes de rádio de pulsares de baixa frequência em nossa galáxia. Os pesquisadores aprimoraram a técnica de busca com o LOFAR para conseguir captar o sinal em frequências mais baixas, utilizando até mesmo placas de processamento gráficas que originalmente foram projetadas para jogos eletrônicos.

As observações dos pulsares binários, em suas órbitas mútuas girando em alta velocidade, que envolvem fortes campos gravitacionais, também permitem o estudo de fenômenos descritos na Física Moderna, como aspectos da Teoria da Relatividade de Einstein. Por outro lado, os aspectos intrigantes dos pulsares também foram notados por artistas.

Destacam-se o álbum *Unknown Pleasures** da banda de Rock inglesa *Joy Division*, lançado em 1979. A capa do disco é uma imagem estilizada dos registros gráficos de rádio do pulsar descoberto por Jocelyn Bell, o CP1919, que foram feitos por Harold D. Craft, Jr. para sua tese, *"Radio Observations of the Pulse Profiles and Dispersion Measures of Twelve Pulsars,"* (1970), com imagem estilizada na Figura 4.

Figura 4

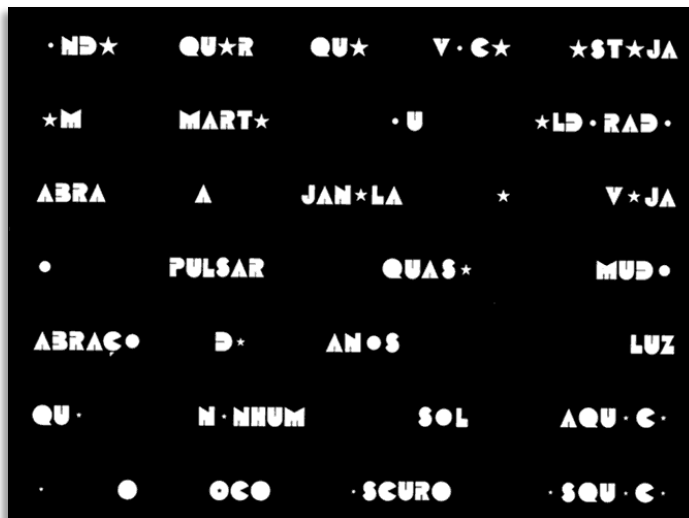


Fonte: *"The Nature of Pulsars,"* by Jeremiah P. Ostriker, *Scientific American*, January 1971.

*<https://blogs.scientificamerican.com/sa-visual/pop-culture-pulsar-origin-story-of-joy-division-s-unknown-pleasures-album-cover-video/>

O poeta concretista Augusto de Campos, em 1975, publicou o poema "O Pulsar". Nele, os versos são registrados com caracteres brancos sobre fundo preto. As letras "e" e "o" foram substituídas, respectivamente, pelas imagens de uma estrela e um círculo. À medida que lemos o poema, a imagem da estrela diminui e a imagem do círculo aumenta. Tanto o álbum de rock, quanto o poema, que também foi musicado por Caetano Veloso, podem ser utilizados como recursos didáticos pelo professor.

Figura 5



Fonte: Augusto de Campos, O Pulsar, 1975

Em pesquisas mais recentes, emissões de rádio também foram registradas pelos radiotelescópios do observatório *Karl G. Jansky Very Large Array (VLA)*, oriundas da galáxia GW170817, após a colisão de duas estrelas de nêutrons que foram detectadas originalmente pelas ondas gravitacionais emitidas. Mais informações no NRAO (*National Radio Astronomy Observatory*). (<https://public.nrao.edu/news/radio-eyes-unlocking-secrets/#PRimage2>)

A fusão de duas estrelas de nêutrons foi detectada pela primeira vez, tanto pelas emissões das suas ondas gravitacionais como pelas emissões eletromagnéticas.

Participaram da descoberta pesquisadores brasileiros do IAG-USP, com um telescópio ótico robótico, o T80-S, que está instalado nos Andes, no Chile, para a detecção das ondas eletromagnéticas (luz).

O LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*) e o VIRGO (*Interferometric gravitational-wave antenna*) foram os instrumentos capazes de detectar as ondas gravitacionais num primeiro momento, confirmadas pelos outros pesquisadores, com as imagens do evento e sinais de rádio.

LIGO: <http://www.ligo.org/>

VIRGO: <http://www.virgo-gw.eu/#about>

Com o Simulador de Pulsar os estudantes empregarão conhecimentos sobre o eletromagnetismo e as ondas eletromagnéticas associando-os às estrelas de nêutrons. Um globo terrestre será adaptado com ímãs e, ao girar o globo (agora representando um Pulsar), a indução do campo magnético produzirá tensão nos terminais de uma bobina, representando os radiotelescópios na Terra. A voltagem da bobina será captada pela placa de som do *notebook* e convertida em gráficos nos *softwares* específicos.

Além da construção do aparato experimental, com este simulador de uma radiofonte cósmica, representada na Figura 6, os estudantes medirão valores de intensidade relativa – nos gráficos gerados - do sinal captado pela bobina de *loop* em função da distância;

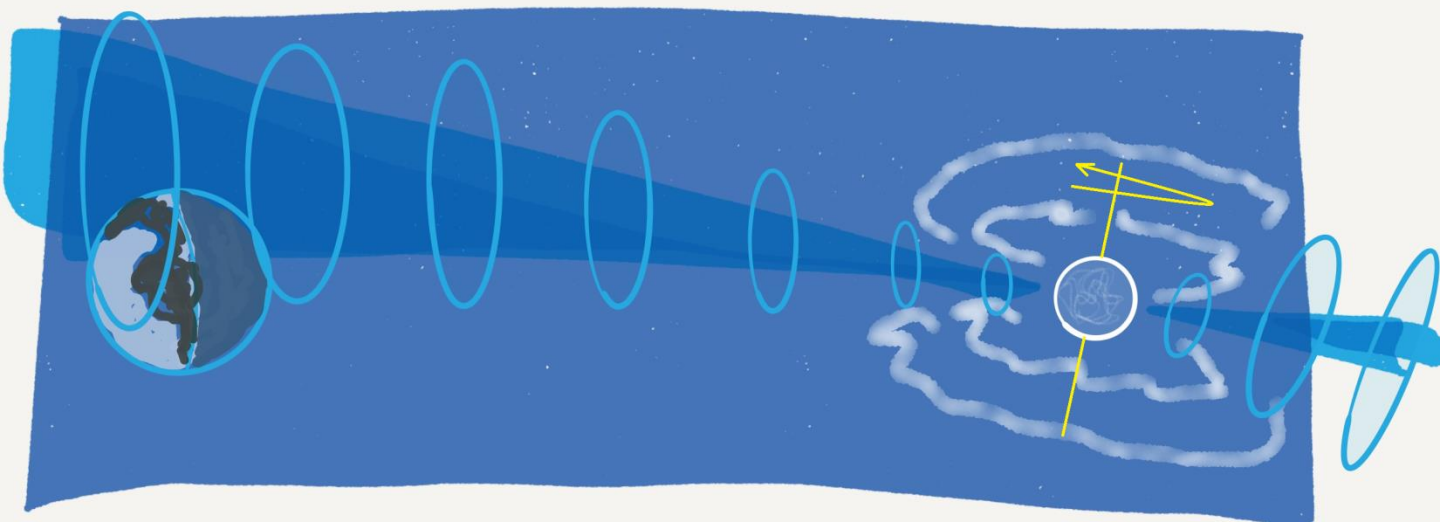
Relacionarão a queda do valor medido com a teoria da atenuação da intensidade do sinal eletromagnético em função do quadrado da distância;

Poderão medir a frequência dos pulsos captados em função da rotação da “estrela de nêutrons” que construíram;

Efetuarão pesquisas prévias sobre as estrelas de nêutrons, como foi a sua descoberta, o uso das novas tecnologias disponíveis na época e como foram importantes para entendermos a evolução estelar;

Especular sobre o que acontece com os ímãs que representam o campo magnético da estrela, se forem instalados em locais diferentes do globo e as formas de onda geradas no computador.

Figura 6



Representação simplificada de estrela de nêutrons cujo sinal eletromagnético intercepta a Terra (distâncias e tamanhos relativos fora de escala)

Lista de Materiais

Quadro 1

MATERIAIS	QUANTIDA DE	CUSTO (R\$)	TOTAL
GLOBO TERRESTRE 30CM	1	R\$ 95,00	R\$ 95,00
PRATELEIRA COM SUPORTE 40X20	1	R\$ 21,60	R\$ 21,60
PRATELEIRA COM SUPORTE 60X20	1	R\$ 32,00	R\$ 32,00
PÉS PROTETORES ANTIIMPACTO (CARTELA)	1	R\$ 21,90	R\$ 21,90
TUBO PVC 3M 1"	1	R\$ 13,50	R\$ 13,50
T PVC 1"	6	R\$ 3,20	R\$ 19,20
CAPA PVC 1"	4	R\$ 1,40	R\$ 5,60
JOELHO DE PVC 1"	2	R\$ 0,90	R\$ 1,80
COLA PARA PVC	1	R\$ 7,80	R\$ 7,80
PARAFUSO (CARTELA)	1	R\$ 5,50	R\$ 5,50
ARRUELAS (CARTELA)	1	R\$ 2,90	R\$ 2,90
PORCA (CARTELA)	1	R\$ 5,90	R\$ 5,90
FIO ESMALTADO 22 AWG (OU EQUIVALENTE)	10	R\$ 1,00	R\$ 10,00
IMÃ NEODÍMIO (4X1X1 CM)	2	R\$ 20,71	R\$ 41,42
FITA ISOLANTE	1	R\$ 10,11	R\$ 10,11
ABRAÇADEIRA DE NYLON COM TRAVA 10MM (CARTELA)	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
CONECTOR XT60 MACHO FÊMEA	1	R\$ 6,00	R\$ 6,00
FIO 0,14MM COBRE - VERMELHO	2	R\$ 1,00	R\$ 2,00
CABO COM PLUG P-2 MACHO/MACHO	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
PINCEL TRINCHA	1	R\$ 4,02	R\$ 4,02
TINTA A BASE DE ÁGUA, BRANCA OU PRETA (TINTA CORALIT 0,9L BRANCA)	1	R\$ 31,00	R\$ 31,00
TINTA ACRÍLICA AZUL (BISNAGA) 20 ML	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
VERNIZ ACRÍLICO BRILHANTE	1	R\$ 11,00	R\$ 11,00
LIXA D'ÁGUA	1	R\$ 2,10	R\$ 2,10
SOLDA 40/60	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
TOTAL			R\$ 378,35

A montagem proposta neste roteiro utiliza suportes de madeira e de PVC, para a bobina e o globo terrestre adaptado. Para a montagem, as ferramentas necessárias, são:

Quadro 2

FERRAMENTAS	QUANTIDADE
FERRO DE SOLDAR 30 WATTS	1
ALICATE DE CORTE	1
CHAVE DE FENDA	1
FURADEIRA ELÉTRICA	1
BROCAS PARA METAL/PLÁSTICO/MADEIRA (DIÂMETRO DE ACORDO COM OS PARAFUSOS)	1
SERRA DE AÇO RÁPIDO 30 CM	1
PINCEL/TRINCHA	1
TRENA/RÉGUA	1
LÁPIS/CANETA	1

Procedimentos de Montagem – Bobina de *LOOP*

Para o Simulador de Pulsar podemos aproveitar a mesma estrutura de PVC da bobina do Rádio de Galena Adaptado.

PREPARAÇÃO DO SUPORTE DE PVC

Cortar com a serra de aço o tubo de PVC, em pedaços com as seguintes medidas e quantidades, Figura 7:

Quadro 3

TAMANHOS	QUANTIDADES
40 CM	3
15 CM	4
5 CM	1
TOTAL DE PVC	185 CM

Lixar as rebarbas e as extremidades dos tubos para facilitar o encaixe;
 Conferir se os tubos lixados encaixam com facilidade nas conexões;
 Colar os tubos nas respectivas conexões de T, e joelhos, de modo a compor a seguinte estrutura de suportes de PVC, para a bobina de loop, Figura 8:

Figura 7



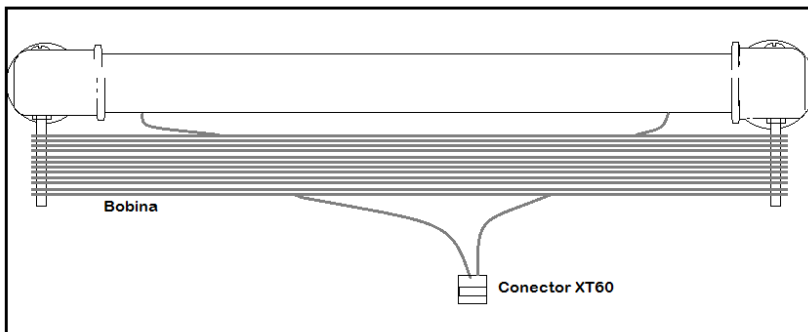
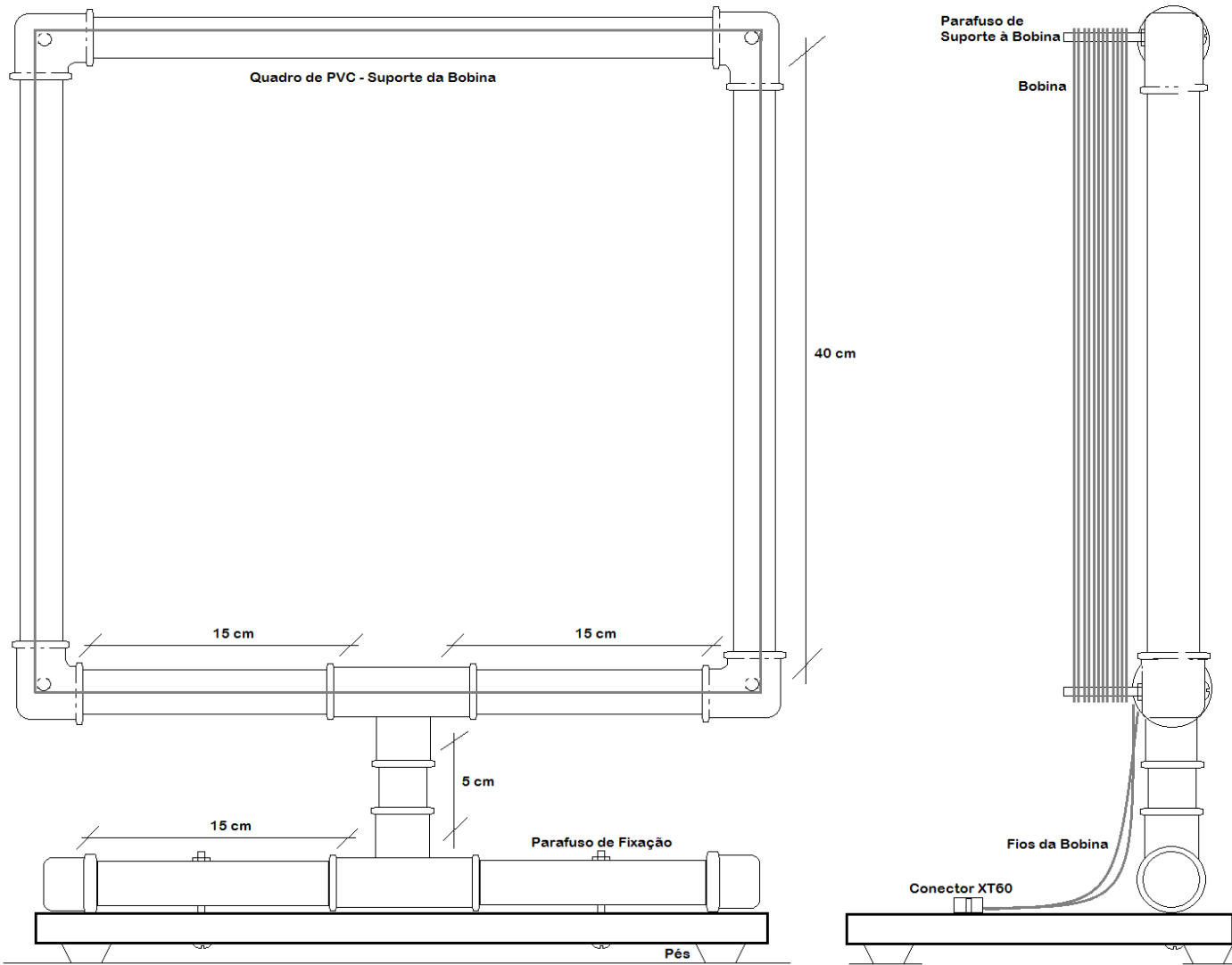
Figura 8



Após colados, furar os tubos de 15 cm que são a base da estrutura de PVC e que serão parafusados à base de madeira de 20 x 40 cm. Furar com broca de 1/4", ou equivalente aos parafusos usados, para a passagem dos parafusos;

Furar também a base de madeira, na mesma medida do furo da base do quadro de PVC;

Figura 9



Sugestão de montagem do quadro de PVC, com indicação das medidas, para suporte da bobina que simula a antena de um radiotelescópio na Terra, Figura 9.

Procedimentos de Montagem

PREPARAÇÃO DO SUPORTE DE PVC

Furar nos quatro cantos do quadro de PVC, nos joelhos que conectam os tubos. Estes furos darão passagem aos parafusos com porcas que servirão de suporte ao fio da bobina;

Fazer um furo em cada lado da parte inferior do quadro de PVC (nos tubos de 15cm), para passagem dos fios da bobina, para que fiquem presos;

Opcionalmente, pintar a estrutura do quadro de PVC com tinta branca e esperar secar, duas a três demãos são suficientes;

Passar quatro parafusos nos respectivos furos, dos quatro cantos do quadro, e prendê-los com as respectivas porcas;

Parafusar o suporte da bobina à base de madeira de 40 x 20 cm, com os respectivos parafusos e porcas;

Colar os pés adesivos no fundo das bases de madeira;

Enrolar dez voltas do fio esmaltado 22 AWG, ou equivalente. Usar os furos do item 1.8, para mantê-los presos, bem como as abraçadeiras de plástico, com travas (a quantidade de voltas de fio pode ser modificada dependendo de experimentos programados);

Lixar as extremidades dos fios da bobina, se o fio for esmaltado, ou desencapar, se for de capa plástica;

Soldar cada fio da bobina num polo do conector XT60 (lado macho);

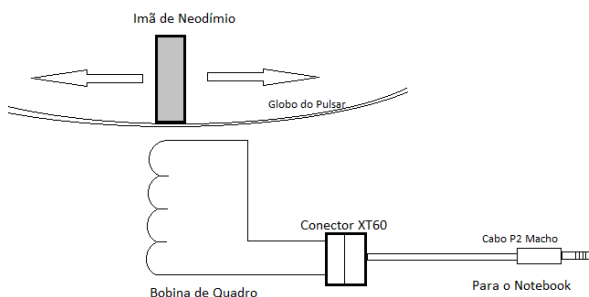
Caso não reutilize esta bobina no Rádio de Galena Adaptado, poderá interligar diretamente os seus fios no plugue P2 macho, para a conexão com o *notebook*;

Conferir todas as etapas da montagem. Usar o multímetro para conferir se há curto-circuito, ou soldas frias no conector XT60 (Figura 15) e P2;

O conector P2, macho, será usado para a interligação da bobina com o *notebook*.

Procedimentos de Montagem – GLOBO TERRESTRE

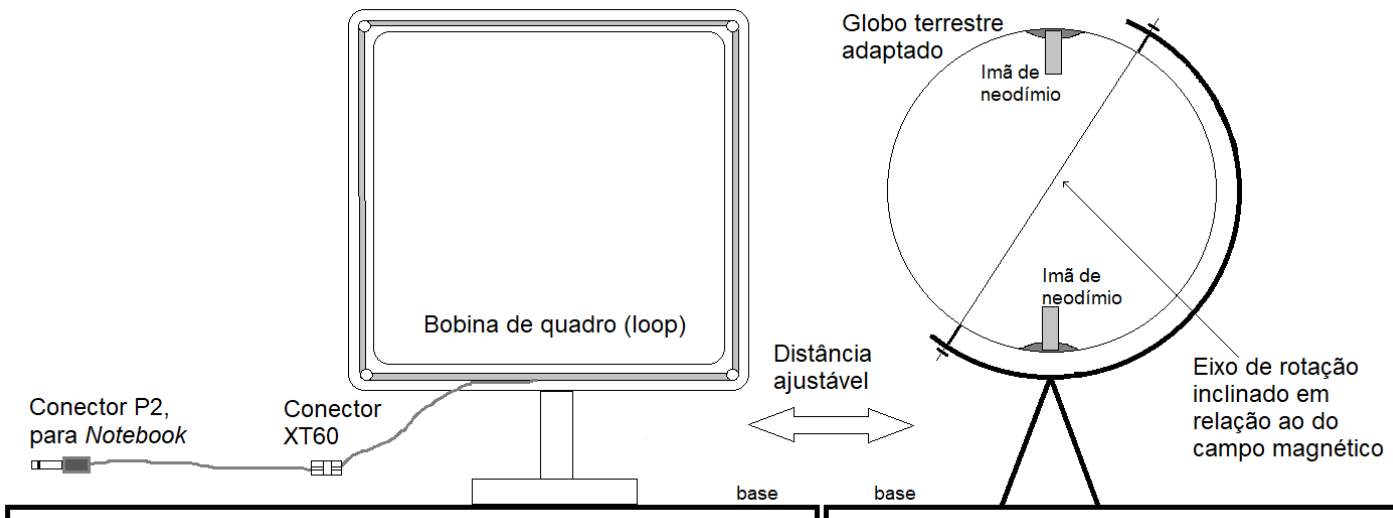
Figura 10



Neste simulador, para um globo terrestre educativo ser adaptado para produzir a indução de um campo magnético numa bobina, utilizamos ímãs de neodímio, que são muito intensos. A tensão produzida, será analisada com uso de dois tipos de softwares: “RadioSky-Pipe” e “Spectrum Lab”.

As formas de onda obtidas na tela do computador são semelhantes às de um pulsar real.

Figura 11



Ao adaptar o globo terrestre escolar, substituiremos a imagem do mapa mundi por uma imagem pintada – abstrata pois nunca vimos uma estrela de nêutrons - representando as linhas de força do campo magnético.

Internamente nos dois hemisférios, deverá ser instalado (colado) um ímã de neodímio em cada um das metades do globo. Este tipo de ímã é devido à sua maior densidade de fluxo magnético.

Instalar em local que fique afastado do eixo de rotação do globo. De modo que, quando for girado, parte dos campos magnéticos de cada ímã intercepte a bobina (ver Figura 10).

O globo terrestre a ser adaptado deverá ter cerca de 15 cm de diâmetro, e deverá ser possível abrir a esfera sem danificar o mecanismo que permite ao globo girar sobre o próprio eixo, com a inclinação de 23,5° (Figuras 11 e 12).

Figura 12



Figura 13

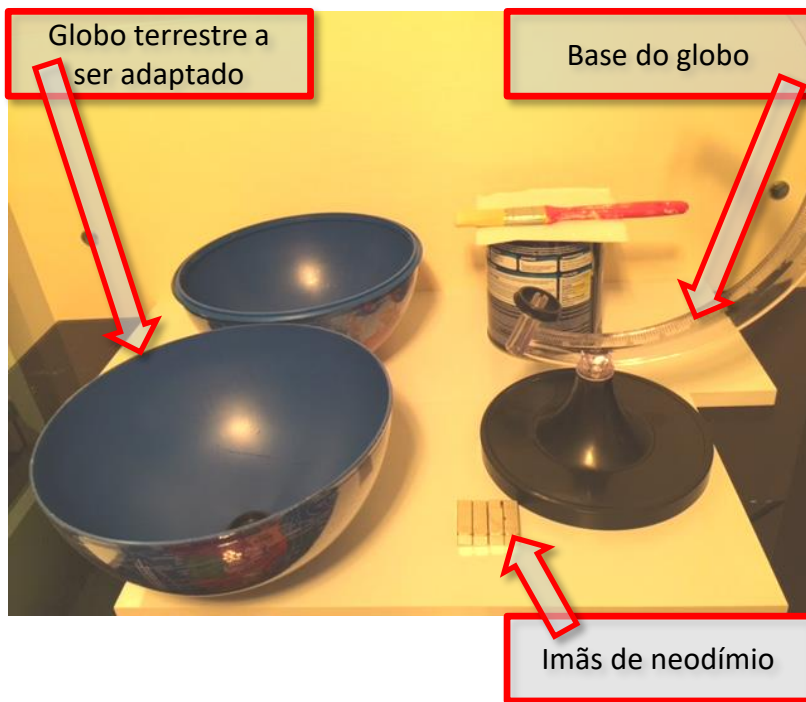
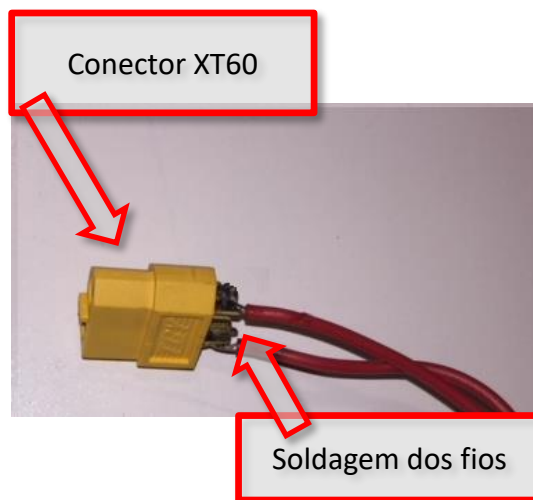


Figura 14



Figura 15



Procedimentos de Montagem – GLOBO TERRESTRE

Figura 16

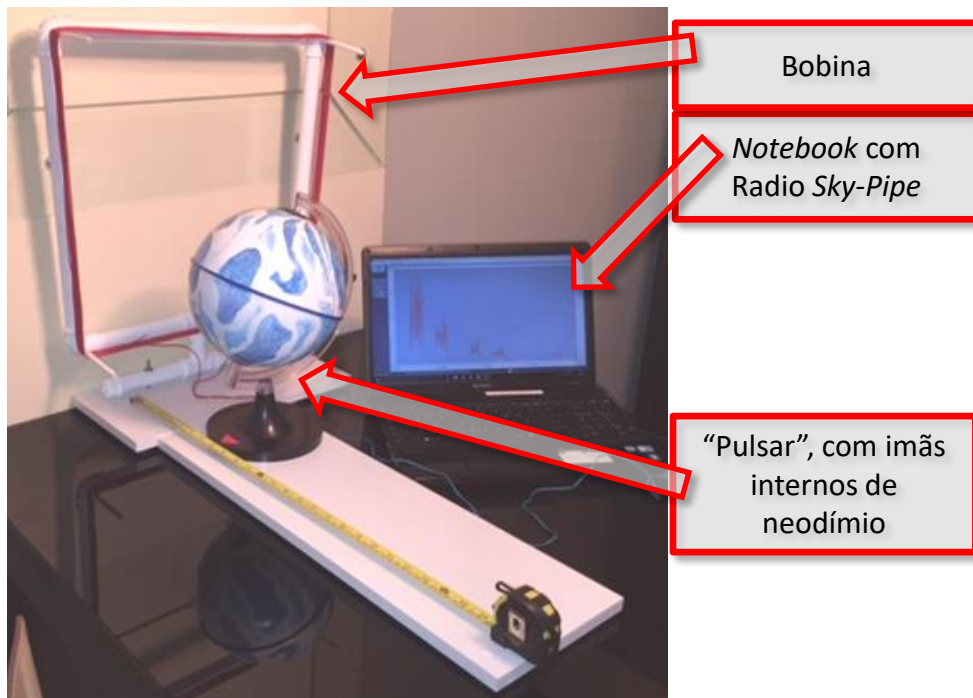
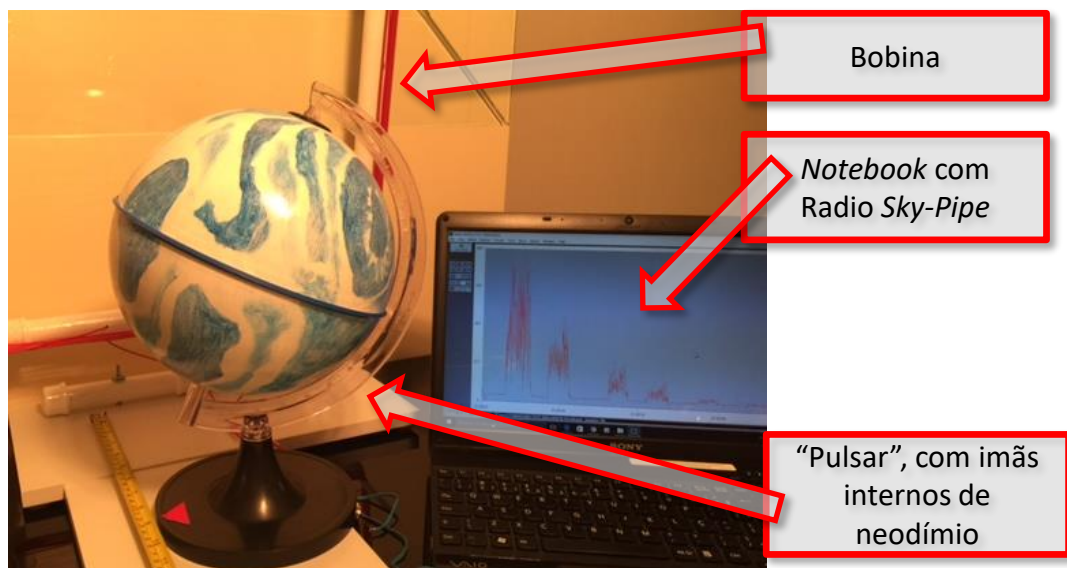


Figura 17



Passos para a construção, a seguir:

Com cuidado para não quebrar o suporte plástico, desmontar o globo terrestre, separando a base e os hemisférios, Figuras 12, 13;

Pintar o globo terrestre de branco com tinta a base de PVA, para fazer uma base neutra, Figura 14;

Após secar, fazer desenhos com o lápis de cera azul ou tinta acrílica azul, com imagens abstratas pois não se sabe ao certo qual a aparência de uma estrela de nêutrons.

Na parte exterior do globo no local correspondente a onde ficarão os ímãs – em cada hemisfério - internamente, fazer algum detalhe na pintura que identifique a sua posição.

Considerar que os ímãs não estarão localizados muito próximos ao eixo de rotação do globo, mas ligeiramente deslocados. Opcionalmente os desenhos podem indicar linhas de campo magnético entre os polos dos ímãs nos dois hemisférios do globo;

Após secar, envernizar com verniz a base de água, brilhante;

Deve-se instalar os ímãs de neodímio nas faces internas de cada hemisfério do globo, colando-os ou fixando-os com fita isolante, de modo que, quando o globo estiver em rotação, os campos magnéticos dos ímãs interceptem a região próxima ao centro da bobina, externamente ao globo;

Usar cola ou fita isolante o suficiente para suportar o peso dos ímãs quando estes estiverem em rotação;

Com cuidado, montar novamente o globo – deve-se atentar para que os ímãs ocupem locais diametralmente opostos – formando um eixo imaginário para o campo magnético da estrela;

Depois de montada a estrela de nêutrons, apoiá-la na base de madeira, 60 x 20 cm;

Esquemas de Montagem

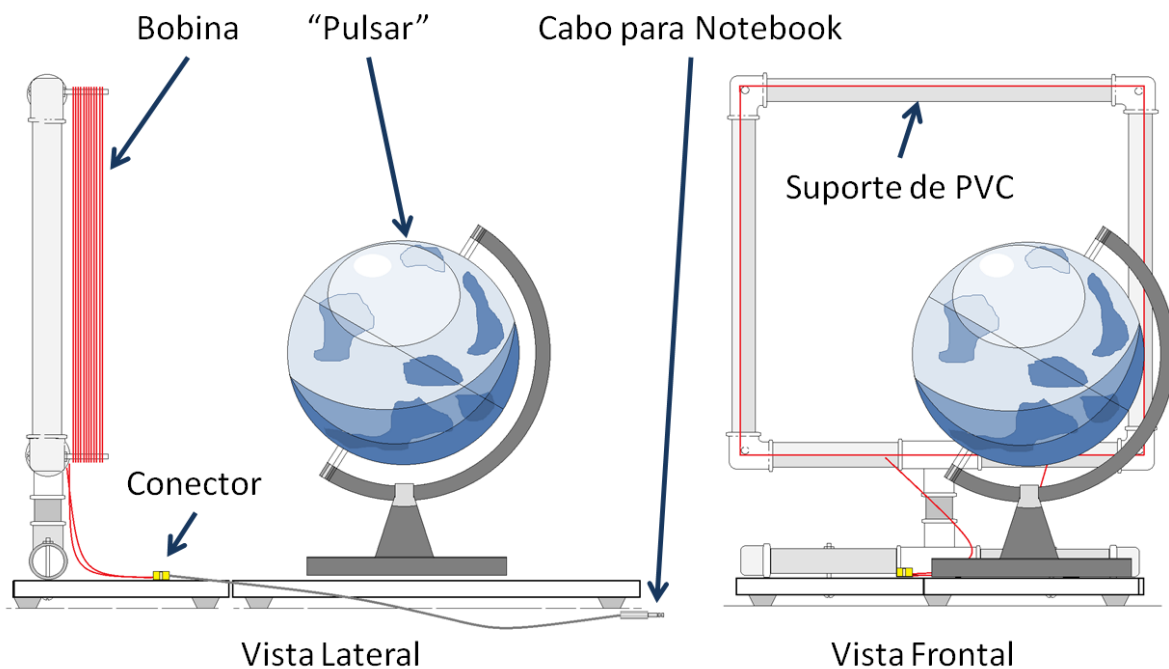
Vemos no esquema da Figura 18 como é a disposição da estrela em relação à bobina;

A base de madeira menor suporta a bobina e a base de madeira maior, perpendicular à da bobina, permitirá que o globo seja deslocado, para avaliação da influência da distância no sinal captado;

Vemos que o conector XT60 é interligado à fiação do plugue P2 macho/macho. Este cabo deve ser cortado e interligado à outra metade do conector XT60, no caso de reaproveitar a bobina no Rádio de Galena Adaptado.

Se não for reaproveitar, os fios da bobina podem ser ligados aos fios do cabo do plugue P2;

Figura 18



O sinal gerado por esta bobina e pelos ímãs é de baixa frequência e de baixa intensidade.

Os controles do *notebook* devem ser ajustados para que o programa exiba os gráficos com intensidade relativamente alta, conforme Figuras 16 e 17.

Controles dos programas nas Figuras 19, 20 e 21.

O SOFTWARE *RADIO-SKY PIPE*

Figura 19

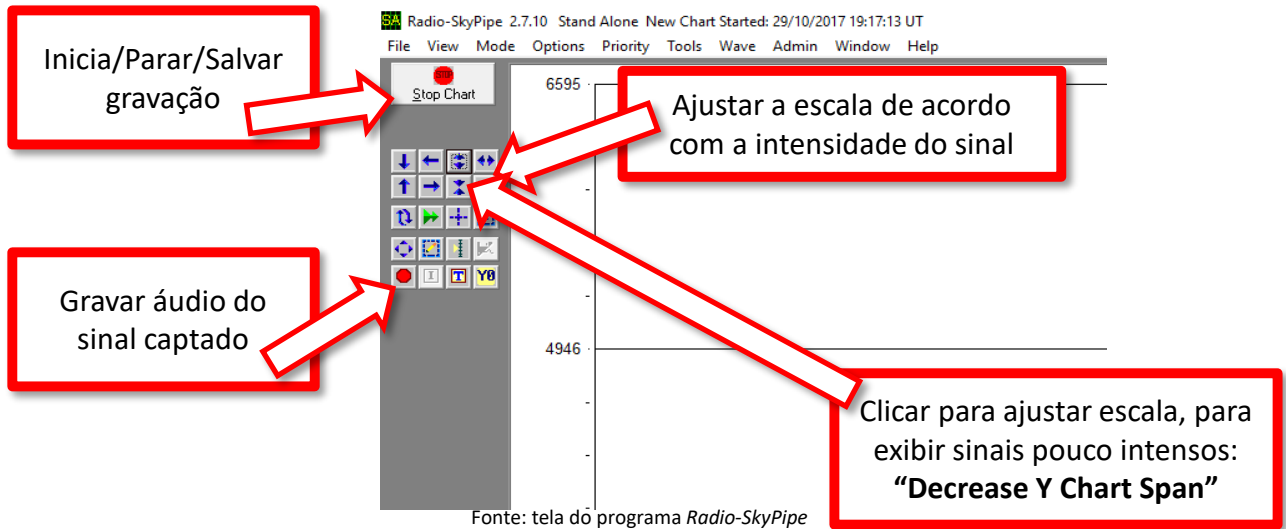
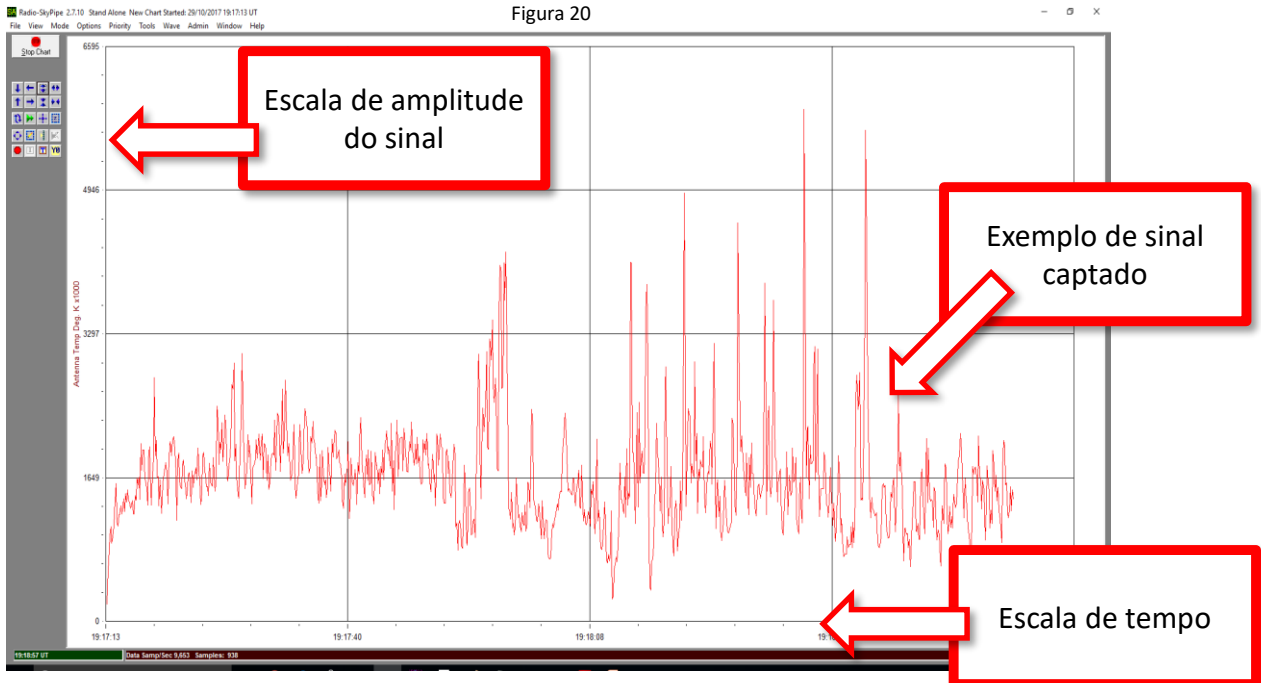


Figura 20

**RadioSky-Pipe**

Com este *software* o sinal elétrico recebido na entrada de microfone da placa de som do *notebook* é convertido em um gráfico de intensidade e tempo. Permite analisar a forma de onda do sinal elétrico presente e é útil para registrar as intensidades relativas dos sinais e o tempo em que ocorreram. Também pode gravar o sinal de áudio relacionado ao sinal elétrico captado.

Tanto o gráfico como a gravação do áudio do sinal elétrico podem ser salvos e analisados em outro momento. O sinal elétrico captado na bobina é muito fraco e a escala do gráfico deve ser ajustada: "Decrease Y Chart Span" ou "Increase Y Chart Span".

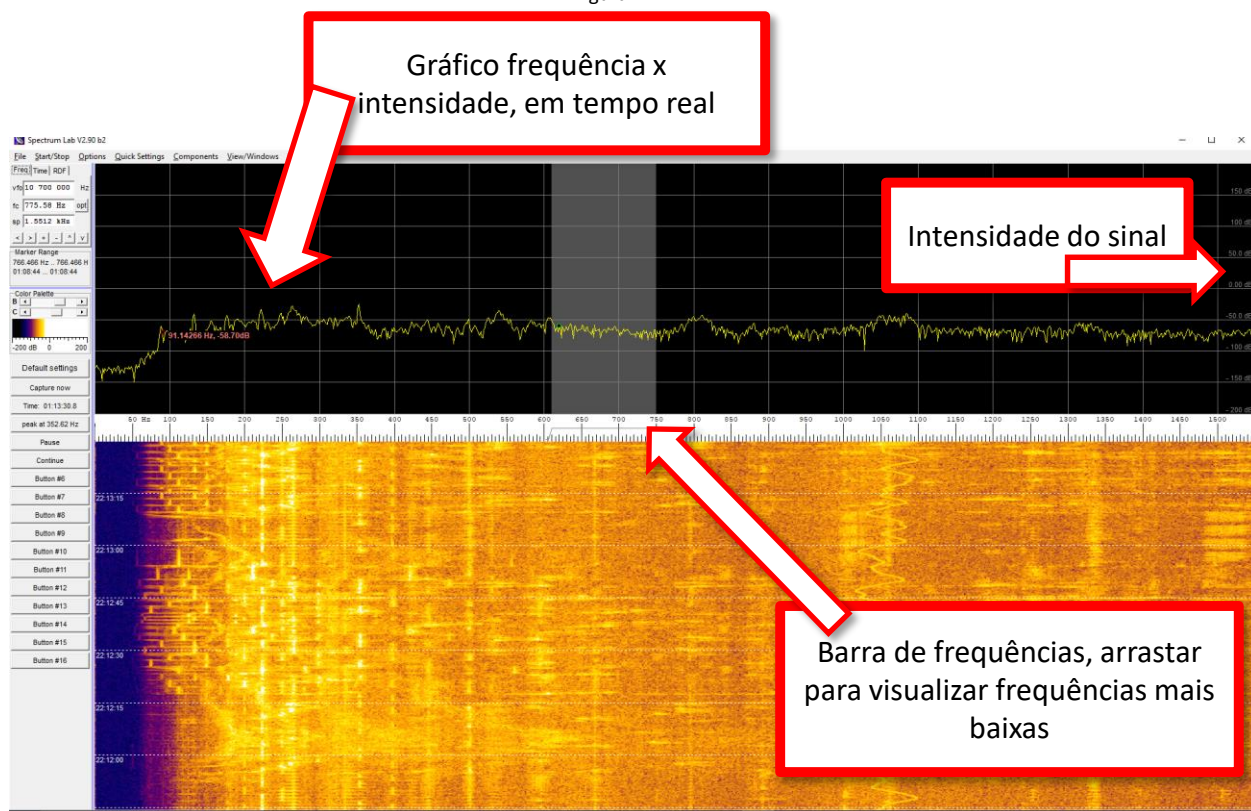
O SOFTWARE *SPECTRUM LAB*

Spectrum Lab

Este programa permite visualizar o sinal elétrico gerado na bobina em relação à faixa de frequência;

Será possível medir, com relativa precisão o sinal gerado e seus harmônicos, ao longo do espectro eletromagnético;

Figura 21



Fonte: tela do programa *Spectrum Lab*

A utilização deste programa é para conferir a frequência de rotação do pulsar.

Testes de Funcionamento

Após a construção, o teste consiste em interligar o conector do plugue P2 à entrada de microfone do *notebook* (Figura 16). Os softwares deverão estar pré-instalados e o professor poderá auxiliar sobre detalhes de suas funcionalidades básicas.

Usar inicialmente o programa *RadioSky-Pipe*:

Clicar no botão “GO START CHART”, outros botões menores de comandos complementares aparecerão. O gráfico estará apto a captar os sinais e exibir na tela a amplitude e o tempo.

Ao girar o pulsar próximo à bobina, o programa *Radio Sky-Pipe* deverá exibir alguma indicação da tensão presente na placa de som.

Se nenhum sinal aparecer, poderá ser necessário clicar no botão Y0 (“set displayed Y to minimum to 0”).

Também poderá ser necessário ajustar o nível do sinal captado pela placa de som, de acordo com o computador utilizado;

No programa *Radio Sky-Pipe* há botões de ajuste da escala “Decrease Y Chart Span” e outro “Increase Y Chart Span” para ajustar conforme a intensidade do sinal.

Como o sinal captado pela bobina é muito fraco, o ajuste de “**Decrease Y Chart Span**” deve ser realizado – clicando neste botão diversas vezes – para ampliar o nível exibido do sinal - até que o sinal de valor de amplitude baixa seja exibido adequadamente no gráfico.

Com o programa **Spectrum Lab** (Figura 21): tendo confirmado que o sinal é gerado e captado pelo computador com o programa anterior, instalar e usar o analisador de espectro.

Ao executá-lo, imediatamente começa a captar o sinal da placa de som e ajustes básicos da frequência captada podem ser feitos arrastando a régua com os valores de frequência exibidos na tela.

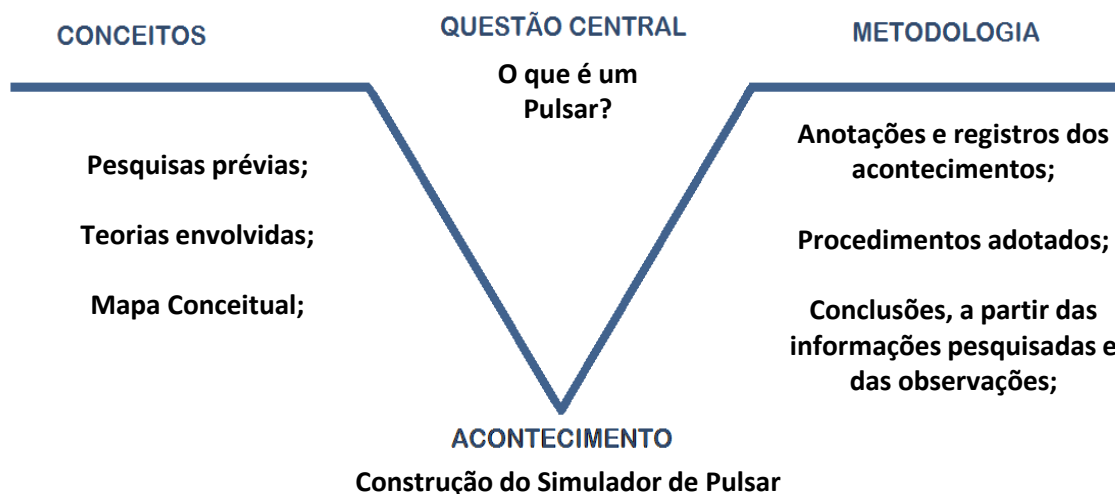
Como as frequências do Simulador de Pulsar são baixas, deve-se arrastar a barra de ajuste (Figura 21) para exibir frequências correspondentes ao número de voltas por segundo que se consegue girar o globo da estrela.

Após concluída a montagem, com a supervisão do professor e participação dos estudantes, realizar experimentos e observações com base nos conhecimentos prévios e novos conhecimentos adquiridos.

Deve-se incentivar a observação, análise e registro do que acontece no experimento, com o Diagrama em Vê como referência da atitude investigativa. Resgatar as pesquisas realizadas e o Mapa Conceitual.

No exemplo abaixo, sugerimos uma questão central, mas outras podem ser adotadas.

Figura 22



Realizar simulações das estrelas de nêutrons...

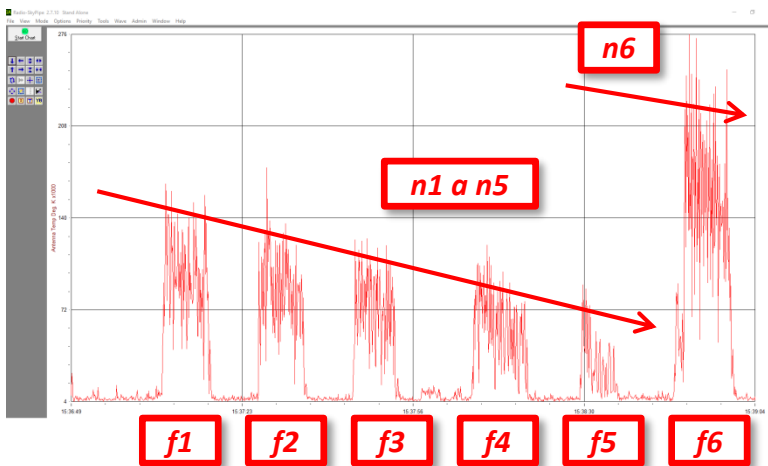
Com o simulador em funcionamento, o sinal apropriadamente captado pelo programa **RadioSky-Pipe**, devem ser realizadas experimentações envolvendo a distância da estrela de nêutrons simulada ao radiotelescópio, representado pela bobina, na Terra;

Aspectos que podem ser considerados: a ocorrência da indutância eletromagnética, em função do movimento dos ímãs nas proximidades da bobina; Constatar que, se não houver movimento, nada é captado;

Constatar que a distância entre a estrela de nêutrons e o “radiotelescópio” influencia no nível do sinal captado;

Cada vez que o globo do simulador é girado representa a rotação de uma estrela de nêutrons em torno do próprio eixo. Os pulsares giram em velocidades elevadas para as dimensões e as massas concentradas que possuem.

No simulador, consideramos que a bobina representa uma antena de um radiotelescópio. Cada pulsar possui uma frequência de rotação característica. Alguns giram muito rapidamente, uma vez em milissegundos, outros, mais lentamente, demorando mais de um segundo para completar um giro. Simule frequências de rotação diferentes e analise o que acontece. Exemplos, nas figuras a seguir, realizadas com o **RadioSky-Pipe**:



Fonte: tela do programa *Radio-SkyPipe*

f_1 a f_6 são registros de rotações diferentes do pulsar. A distância à antena não foi alterada. Observar como os níveis n_1 a n_5 diminuíram, assim como as frequências.

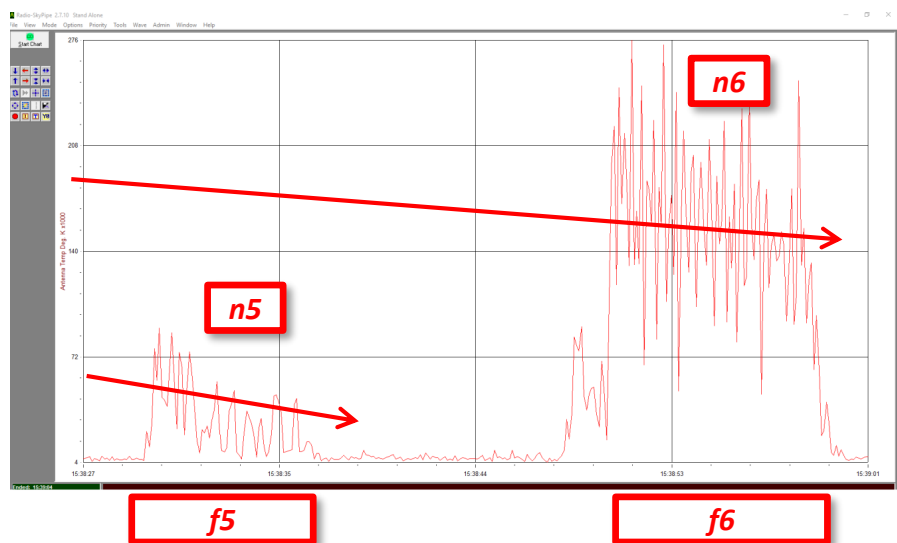
$$f_1 > f_2 > f_3 > f_4 > f_5$$

Em f_6 , o pulsar foi girado com maior velocidade que as demais, e o nível também aumentou.

Comparamos, ao lado, f_6 , a maior frequência de rotação com f_5 , a menor frequência de rotação.

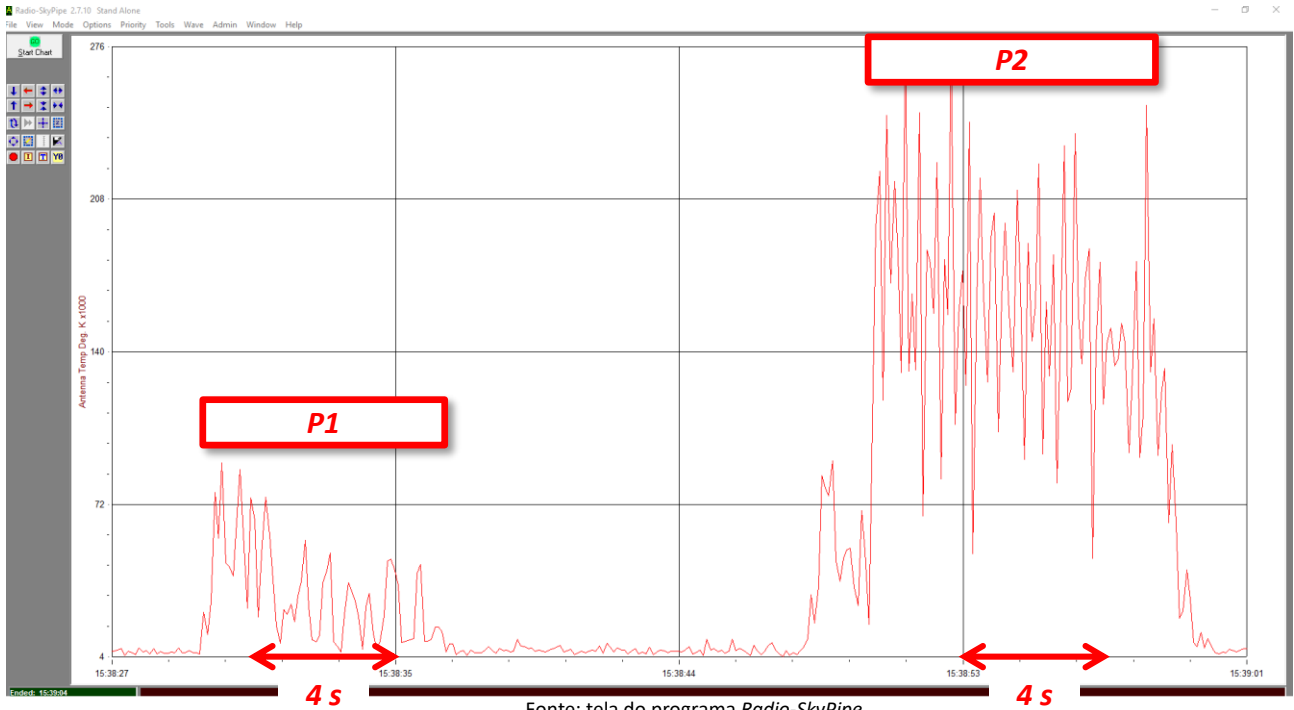
$$f_5 < f_6$$

Observar como os níveis n_5 e n_6 são diferentes. Como explicar a diferença?



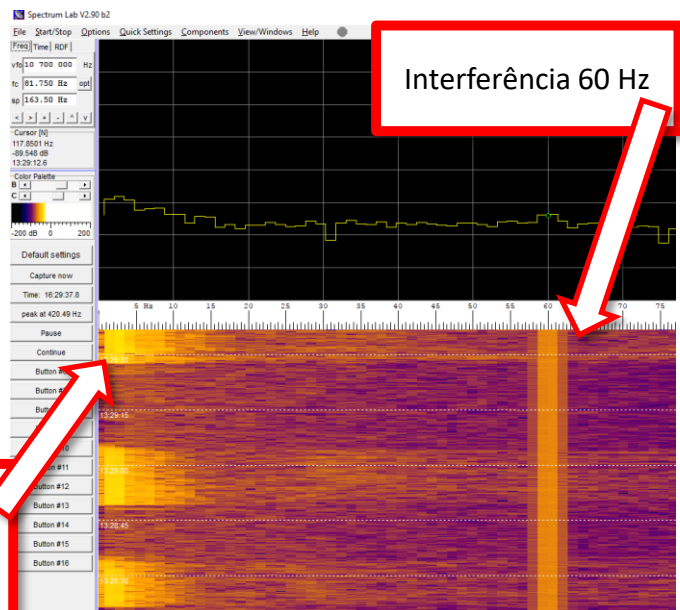
Fonte: tela do programa *Radio-SkyPipe*

Outro experimento é diferenciar o pulsar pelo período de rotação (valor aproximado). Comparando o pulsar *P1* com *P2*, podemos contar o número de cristas das formas de onda e compará-las. Na tela abaixo, cada divisão horizontal são 8 segundos. Tomaremos metade deste tempo, 4 s como base de comparação. Em *P1* contamos aproximadamente 8 cristas de onda. Em *P2*, contamos aproximadamente 14 cristas de onda. De modo que o pulsar *P2* possui quase o dobro da frequência de rotação de *P1*, bem como maior intensidade (eixo vertical).



Utilizando o programa *Spectrum Lab*, pode-se realizar a medição da frequência. O teste ao lado resultou num valor aproximado de 3 Hz (a antena também captou a rede elétrica de 60 Hz).

Além da atividade de medir a frequência com este programa, os estudantes podem calcular o período de rotação do pulsar (rotações por segundo).



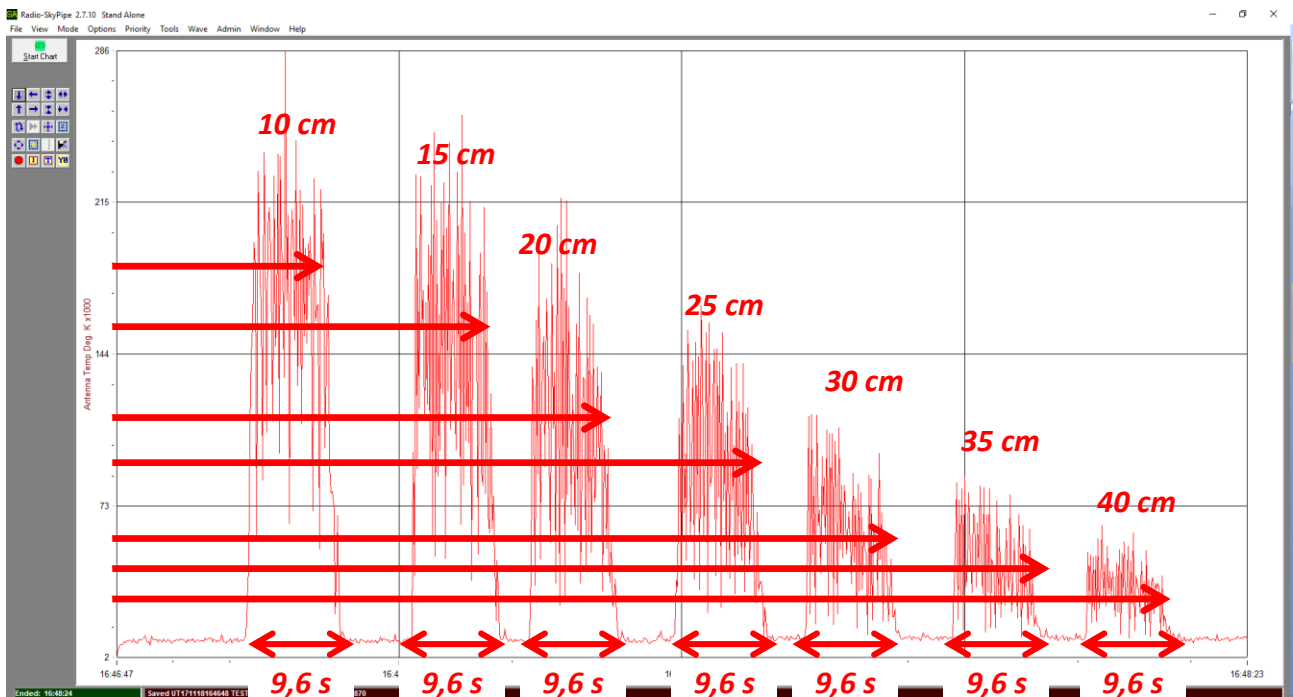
Procedimento Experimental

Neste experimento, a simulação de um mesmo pulsar, *P1*, com seu sinal medido de diferentes distâncias. Utilizando o programa **RadioSky-Pipe**.

Medidas com fita métrica, a distância mínima possível foi de 10 cm.

Cada sessão de medição demorou cerca de 9,6 segundos, medidos no gráfico, no tempo decorrido nas formas de onda, para cada distância.

Como vimos que a frequência do pulsar interfere na intensidade do sinal medido, neste experimento a rotação deve ser a mais constante possível em cada distância. Por isso a superfície onde estiver o simulador deve ser plana e estável.



Fonte: tela do programa *Radio-SkyPipe*

Neste gráfico, os estudantes podem comparar, com valores aproximados, os níveis médios para cada distância.

Depois de se afastar o pulsar da bobina que representa a antena, os níveis caem rapidamente.

Na tabela ao lado, verificar como da distância (d) de 20 cm para 40 cm a intensidade média (n) caiu quase 4 vezes, de cerca de 8 divisões do gráfico para cerca de 2 divisões.

d (cm)	n (div)
10	13
15	11
20	8
25	6,5
30	4
35	3
40	2,2

SUGESTÕES DE ABORDAGENS:

Como se explica o funcionamento do simulador de pulsar?

Quais são os fenômenos elétricos e magnéticos envolvidos?

Efetuar medição da tensão gerada nos terminais da bobina (multímetro). Consegue-se medir algo? Como se explica?

Efetuar medição da frequência (*software **Spectrum Lab***): Realizar medições dos valores, comparando a contagem do giro com a frequência medida captada pelo computador;

Quais as conclusões?

Efetuar com o *software **RadioSky-Pipe*** medições da amplitude dos sinais em função: da distância entre bobina e ímãs; da velocidade de rotação do globo. Explicar o fenômeno.

Efetuar as mesmas medidas com os ímãs em posições diferentes no interior do globo da estrela de nêutrons. Avaliar as características das eventuais mudanças;

Analisar a influência do campo magnético em movimento sobre alguma bússola próxima ao globo do pulsar;

Analisar a influência do campo magnético em movimento sobre a bobina próxima ao globo do pulsar simulado;

Ajustar a configuração do programa ***RadioSky-Pipe*** para os níveis baixos gerados pela bobina.

Comparar o sinal de um pulsar típico (pesquisado na Internet ou o que foi apresentado na aula) com o sinal gerado pelo simulador de pulsar, usando o *software **RadioSky-Pipe***;

Como as estrelas de nêutrons se relacionam com a formação de elementos químicos no Universo?

Sugestões de leitura:

BURNELL BELL, J. S. ***Little Green Men, White Dwarfs or Pulsars?*** Cosmic Search: Issue 1, (Volume 1 Number 1; January 1979). Disponível em (a partir da página 16 do arquivo pdf): <http://www.bigear.org/CSMO/PDF/CS01/cs01all.pdf>

FACCHINELLO, C. S.; SIAS, D. B. **Pulsares**. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/trabalhos_03/Pulsares.htm

Oliveira Filho, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Evolução Final das Estrelas**. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm#a>

Material educacional do Project CLEA, ***Radio Astronomy of Pulsars: Student Manual***, (Radio Astronomia de Pulsares: Manual do Estudante) disponível em inglês e português: <http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/cleahome.html>

Sugestão de vídeo:

O que são as estrelas de nêutrons? (Astronomia). Socratica Português
<https://www.youtube.com/watch?v=mRuYo68dWPg>

Programas de computador:

Programa de computador para coleta de dados - "RadioSky-Pipe" – disponível em: <http://www.radiosky.com/skypipeishere.html>

Programa de computador analisador de espectro: "Spectrum Lab" – disponível em: <http://www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html>

VIREO – *The Virtual Educational Observatory*, escolher e instalar o programa "*Radio Astronomy of Pulsars*", instruções, em inglês, na página: <http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/cleahome.html>



ROTEIRO DE CONSTRUÇÃO E DE EXPERIMENTOS

MARCELO LAGO ARAÚJO

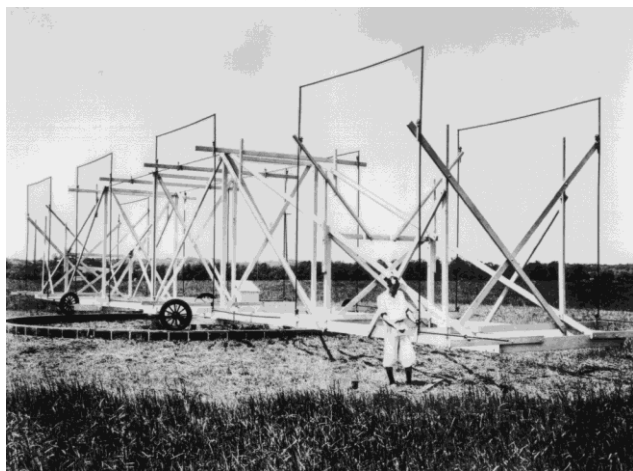
Orientadores: Germano Pinto Guedes
 Marildo Geraldête Pereira



RADIOTELESCÓPIO BANDA Ku

A Radioastronomia surgiu, em 1931, quando Karl Jansky, pesquisando sobre interferências em Ondas Curtas para a Bell Labs, detectou sinais de rádio da Via Láctea. Ele utilizou uma antena chamada “carrossel de Jansky”, composta por dipolos montados em uma estrutura que podia ser girada para apontar para diferentes direções do céu, na frequência de 20,5 MHz, Figura 1.

Figura 1



Fonte: http://www.nrao.edu/whatisra/hist_jansky.shtml

Figura 2



Fonte: http://www.nrao.edu/whatisra/hist_reber.shtml

Após a descoberta de Jansky, o pioneirismo de outro pesquisador, Grote Reber, com suas antenas e instrumentos artesanais, como uma grande antena que construiu em sua casa, Figura 2, ainda é um marco na Radioastronomia, replicado até hoje por radioastrônomos amadores. Atualmente, a complexidade dos instrumentos e antenas aumentou muito, tornando a Radioastronomia um campo de pesquisas avançadas e com equipamentos que são o estado da arte em termos de sensibilidade, resolução angular e capacidade de processamento de dados, operando nas frequências mais baixas até as radiações de micro-ondas e nos limites com o infravermelho. Hoje, a Radioastronomia compreende a janela de observação no intervalo de comprimentos de onda, λ , de 30 m a cerca de 0,2 mm (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013. p. 1), mas estes limites podem ser estendidos dependendo da tecnologia utilizada e de observações com sondas espaciais.

As emissões da Via-Láctea, descobertas por Jansky, na faixa de 14,6 m (20,5 MHz), estabeleceram um limite prático para as tentativas de redução de interferências na faixa de Ondas Curtas, que eram importantes para telecomunicações no começo do século XX. Este limite proposto por Jansky (KRAUS, 2005, p. 1-8) delimitou um patamar de uso prático das Ondas Curtas para as telecomunicações.

Emissões na faixa de 1,87m (160 MHz), captadas por Grote Reber, oriundas do plano da Via-Láctea, e outras faixas de frequências, que resultaram em artigo publicado no *Astrophysical Journal*, na década de 1940, destacam-se dentre outras contribuições deste pesquisador: elaborou o primeiro mapa de rádio da Via Láctea; primeira evidência de emissões não termais; primeiras evidências de fontes discretas de rádio; primeira evidência de emissão do Sol (KELLERMANN, 1999, p.371). Suas descobertas pavimentaram o caminho do que estava por vir, incentivando pesquisas de outros cientistas como Jan H. Oort (KRAUS, 2005, p. 1-9).

Após a Segunda Guerra Mundial, com o desenvolvimento dos radares e rádios de micro-ondas, a Radioastronomia obteve novo impulso tecnológico. Com a construção de grandes antenas, Figura 3, também foi possível a comunicação com sondas no espaço profundo, como a Voyager.

Um radiotelescópio pode ter inúmeros formatos, que dependem do tipo de arranjo de antenas utilizadas. A antena mais típica é a caracterizada pelo refletor parabólico, o alimentador e as ferragens, todos de grandes dimensões, para aumentar o ganho da antena, instalados em algum local ermo, apontando em direção ao céu. Uma antena de TV por assinatura via satélite, Figura 4, guarda algumas semelhanças: um refletor parabólico, o alimentador e as ferragens, não muito maiores do que 60 cm, instalados em algum lugar que possibilite visão desobstruída para o céu, no alto de um telhado ou parede.



Figura 3

Fonte: https://voyager.jpl.nasa.gov/news/details.php?article_id=50

A diferença de escala não desmerece as semelhanças que são devidas aos princípios de funcionamento das antenas. No caso do radiotelescópio profissional típico, com grandes estruturas, os equipamentos são bem específicos para a faixa de frequência de estudo, com a sensibilidade e resolução necessárias e os sofisticados computadores para análise. Alguns observatórios são constituídos por grandes antenas isoladas, como Arecibo, em Porto Rico, e o Parkes, na Austrália, Figura 5, além do FAST, o maior do mundo, na China, Figura 6. Outros, são constituídos por arranjos de muitas antenas idênticas, operando em conjunto, como o ALMA, no Chile, e o LOFAR. Uma antena de TV por assinatura pode ser adaptada para se transformar num pequeno radiotelescópio, entretanto seus recursos são limitados, o que deve ser esclarecido no seu uso didático. Ainda assim, é utilizado em muitas instituições de ensino.



Figura 4

Figura 5



Fonte: <https://www.atnf.csiro.au/outreach/visiting/parkes/index.html>

Figura 6



Fonte: Liu Xu/Xinhua/Associated Press

As faixas de operação dos radiotelescópios são extensas e existem frequências que são alocadas especificamente para a Radioastronomia. Alguns exemplos na Figura 7:

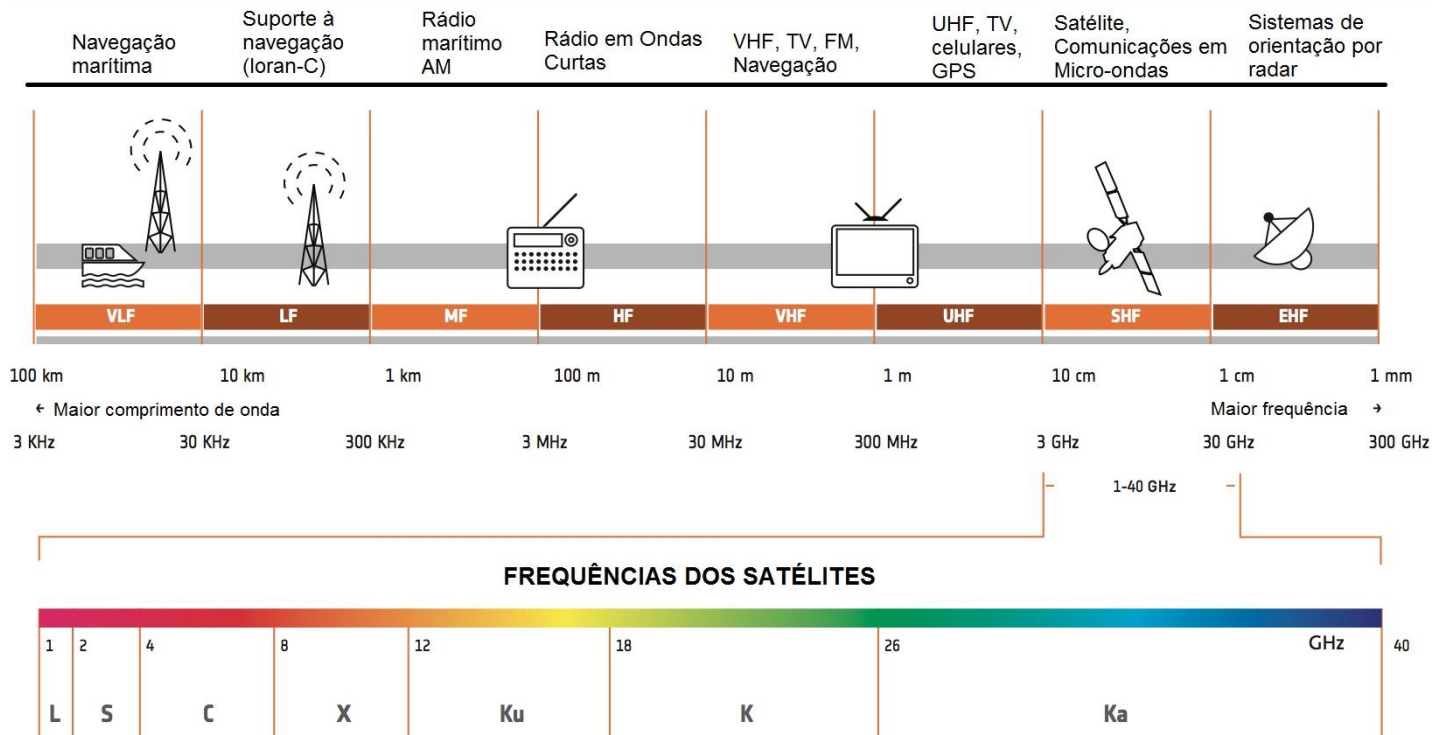
Figura 7

Faixas de frequência alocadas para Radioastronomia – observação contínua	
Banda de frequência (MHz)	Banda de frequência (GHz)
13.360 – 13.410	10.6 – 10.7
25.550 – 25.670	15.35 – 15.4
37.5 – 38.25	22.21 – 22.50
73 – 74.6	23.6 – 24.0
150.05 – 153	31.3 – 31.8
322 – 328.6	42.5 – 43.5
406.1 – 410	76 – 116
608 – 614	-----
1400 – 1427	123 – 158.5
1660 – 1670	164 – 167
2655 – 2700	200 – 231.5
4800 – 5000	241 – 275

Fonte: Adaptado de ITU - Recommendation RA.314-10 (06/03), p. 6

O radiotelescópio experimental aqui proposto, captará sinais da faixa alocada para comunicações via satélite na faixa inferior da Banda K, a Banda Ku, conforme diagrama abaixo, Figura 8. Os dispositivos utilizados são projetados para a recepção apenas de sinais de micro-ondas e não são geradores relevantes de interferência em outros equipamentos de comunicação.

Figura 8



Adaptado de : http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2013/11/Satellite_frequency_bands

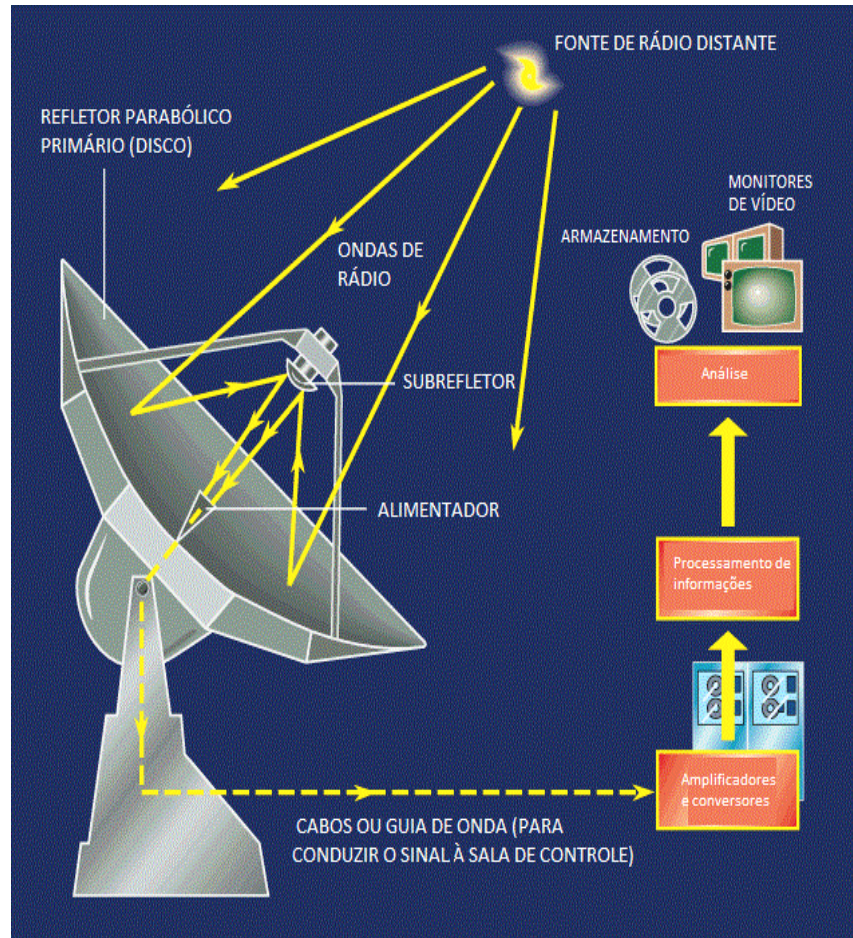
RADIOTELESCÓPIOS

Uma antena parabólica (Figura 9, fora de escala) usada na radioastronomia é composta por alguns elementos básicos: o refletor, que concentra as ondas eletromagnéticas, podendo possuir um subrefletor para redirecioná-las ao alimentador, que capta as ondas eletromagnéticas e as transfere, acoplando-as eletricamente com algum tipo de sensor bolométrico ou amplificador de baixo ruído.

Este receptor de rádio fará amplificação e transmissão dos sinais para outros circuitos que poderão converter frequências, digitalizá-las e transferi-las pelos cabos e fibras óticas para os computadores, onde são armazenados para serem analisados.

A radioastronomia que será vivenciada com este radiotelescópio experimental, em termos básicos, é muito semelhante à que é praticada profissionalmente, porém em escala muito menor, comparação no Quadro 1:

Figura 9



Adaptado de: http://abyss.uoregon.edu/~js/images/radio_telescope.gif

Quadro 1

Item	Profissional	Amador
Fonte de rádio distante	Todas as radiofontes	Sol, Terra, Júpiter (com <i>Radio Jove</i>)
Refletor parabólico	Grandes dimensões	0,6 m, dipolos, cornetas artesanais
Cabos	Guias de onda, cabos coaxiais, fibras óticas	Cabo coaxial comercial
Amplificadores	MASER, amplificadores criogênicos, radiômetros	LNB, amplificadores artesanais, Rádios do tipo SDR
Processamento de informações	Supercomputadores com grande capacidade de armazenar as informações	Caderno de anotações; <i>Notebook</i> , com <i>Radio-SkyPipe</i> , Internet
Análise	Astrônomos, Físicos, Matemáticos	Estudantes, Professores, amadores

Com o Radiotelescópio experimental com antena da Banda Ku, as atividades são propostas ao público alvo de estudantes e professores do Ensino Médio. Também pode ser utilizado para cursos técnicos de eletrônica e na graduação de Física.

É um produto experimental que é inteiramente controlado pelo professor e estudantes, que apontam a antena, programam o tempo de medição e registram os eventos, a partir das leituras de intensidade do sinal, por meio do *Satellite Finder*. Alternativamente, podem realizar a digitalização dos sinais captados, com adaptações simples no circuito do *satellite finder* de modo a interligar o sinal do medidor analógico a um computador com o programa **RadioSky-Pipe**.

O Sol é o objeto astronômico de observação mais fácil com este radiotelescópio, possui uma dimensão angular relativamente grande, no céu, sendo mais fácil de ser localizado e é uma intensa fonte de radiação em diversas faixas de frequências. Apesar de irradiar sinais desde as frequências mais baixas do espectro eletromagnético, nos momentos de intensa atividade solar, nossa atmosfera reflete de volta para o espaço parte desta radiação. Na faixa de Ondas Curtas, a atividade solar pode produzir sinais de rádio tão intensos que são suficientes para superar a barreira atmosférica. Captações destes sinais na faixa de 20 MHz podem ser realizadas com outro radiotelescópio experimental, o do *Radio Jove Project*.

Os sinais de rádio do Sol, detectadas por este radiotelescópio, caracterizam-se por serem emissões típicas do corpo negro, em grande faixa do espectro eletromagnético. O radiotelescópio que será construído é um modelo simplificado de um radiotelescópio real, com as seguintes características:

Opera na faixa de recepção do LNB, Banda Ku comercial, cerca de 12 a 12,7 GHz;

Pode detectar emissões de origem térmica, de corpos como o Sol, a própria Terra, construções próximas, árvores, pessoas; emissões espúrias de lâmpadas elétricas.

Figura 10

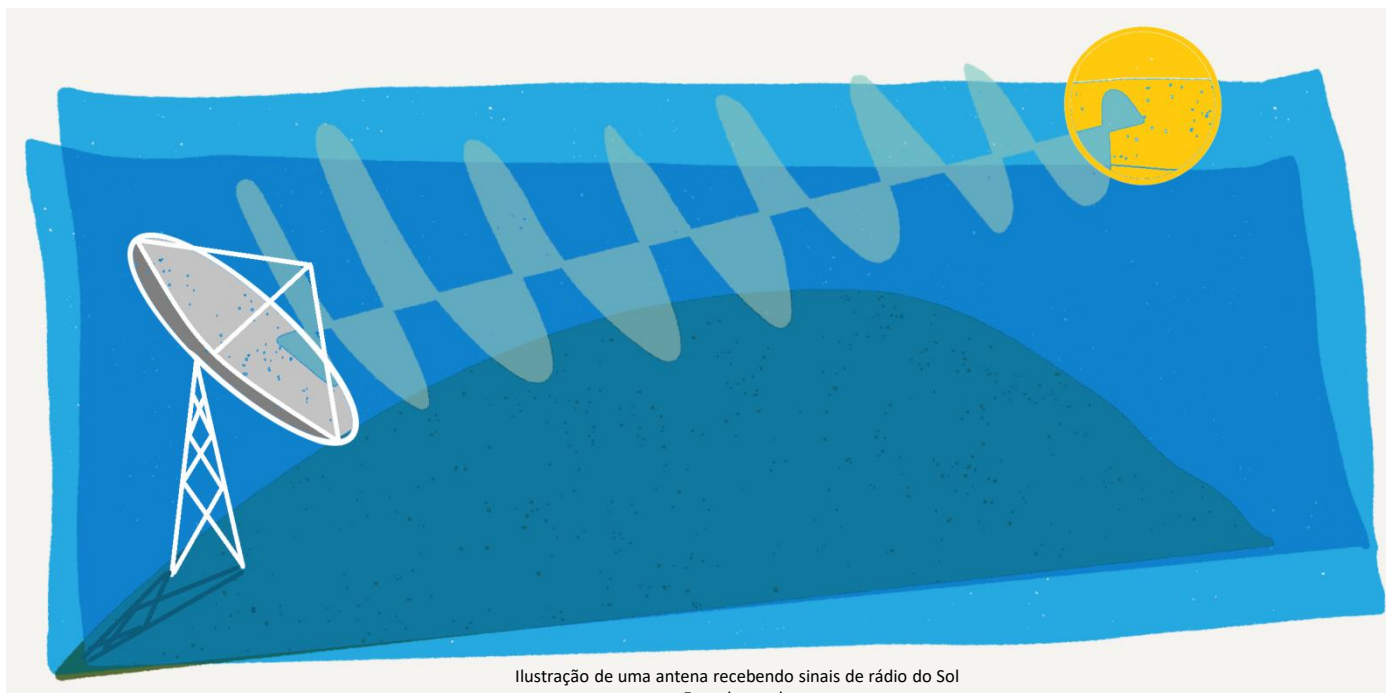


Ilustração de uma antena recebendo sinais de rádio do Sol
Fora de escala

Lista de Materiais

Quadro 2

MATERIAIS	QUANTIDA DE	CUSTO (R\$)	TOTAL
ANTENA 0,6m - BANDA KU (COM LNB)	1	R\$ 69,00	R\$ 69,00
SATELLITE FINDER ANALÓGICO (SF-95)	1	R\$ 35,00	R\$ 35,00
CABO COAXIAL 75 OHM COM CONECTORES MACHO 1M	2	R\$ 5,00	R\$ 10,00
FIO DE COBRE ESMALTADO 26 AWG	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
CONECTOR P4 F	1	R\$ 0,90	R\$ 0,90
CABO COM PLUG P-2 MACHO/MACHO	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
BATERIA 12 V X 7 A (OPCIONAL)	1	R\$ 89,00	R\$ 89,00
FONTE ALIMENTAÇÃO AC/DC 12 V 2 A	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
PLACA CEGA 4X2	1	R\$ 2,20	R\$ 2,20
CAIXA ELÉTRICA 4X2	1	R\$ 9,79	R\$ 9,79
PRANCHA PRATELEIRA 40X25	1	R\$ 31,80	R\$ 31,80
PORCAS	1	R\$ 5,90	R\$ 5,90
PARAFUSOS	1	R\$ 5,50	R\$ 5,50
PÉS PROTETORES ANTIIMPACTO	1	R\$ 13,50	R\$ 13,50
CAIXA ORGANIZADORA	1	R\$ 59,90	R\$ 59,90
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA, 25 W, E27 (OPCIONAL)	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
BOCAL PARA LÂMPADA E27 COM FIO E TOMADA MACHO (OPCIONAL)	1	R\$ 22,00	R\$ 22,00
TOTAL			R\$ 394,49

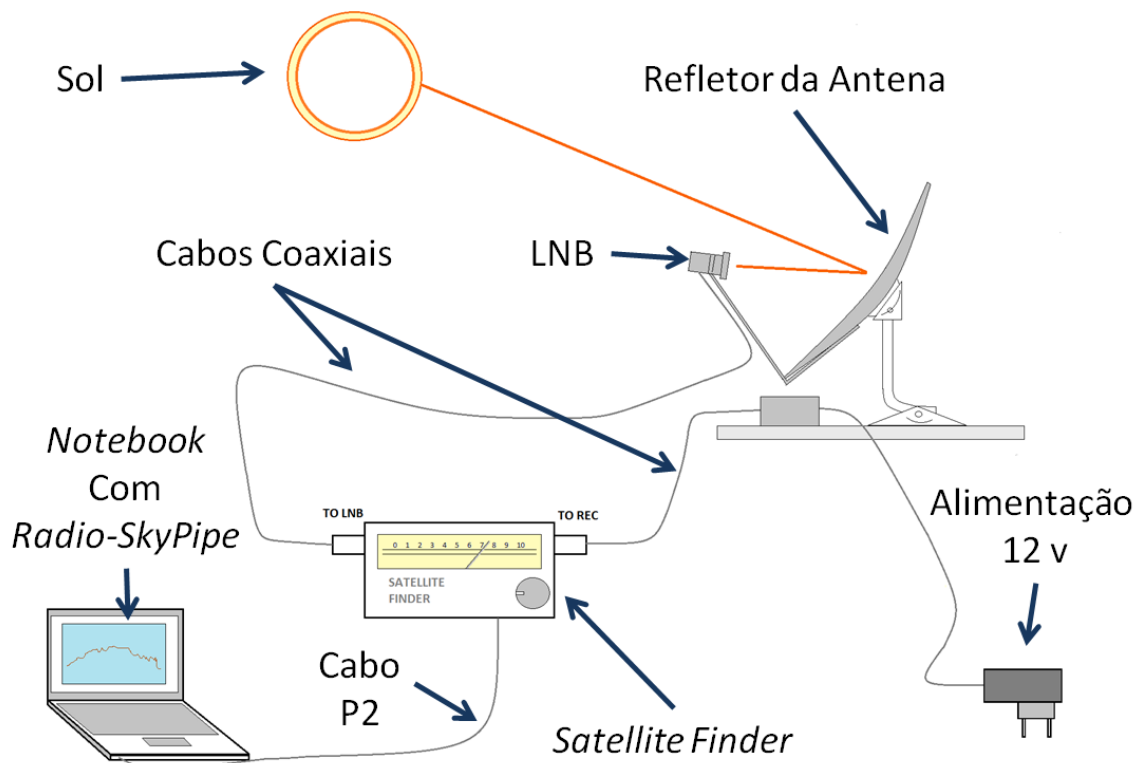
A montagem proposta neste roteiro utiliza suportes de madeira e de PVC, para o receptor. Para a montagem, as ferramentas necessárias, são:

Quadro 3

FERRAMENTAS	QUANTIDADE
FERRO DE SOLDAR 30 WATTS	1
ALICATE DE CORTE	1
CHAVE DE FENDA	1
FURADEIRA ELÉTRICA	1
BROCAS PARA METAL/PLÁSTICO/MADEIRA (DIÂMETRO DE ACORDO COM OS PARAFUSOS)	1
SERRA DE AÇO RÁPIDO 30 CM	1
PINCEL/TRINCHA	1
TRENA/RÉGUA	1
LÁPIS/CANETA	1

Diagrama Esquemático do Radiotelescópio

Figura 11



Os componentes do radiotelescópio, são interligados conforme Figura 11.

Antena 0,6 m, com LNB, refletor parabólico, suporte do LNB, parafusos e ferragens da estrutura de apoio e apontamento da antena. Esta estrutura também permite os ajustes de azimute, movimentação no plano horizontal, e elevação, movimentação no plano vertical. Pode ser afixado em paredes ou em lajes. Para o radiotelescópio experimental, será montada numa base de madeira;

O cabo coaxial – é constituído por dois condutores, um central e o outro externo que exerce a blindagem elétrica, evitando que sinais externos interfiram no sinal que trafega pelo condutor central. O cabo assegura o acoplamento dos sinais, desde o LNB até as outras unidades do circuito;

Conectores F - permitem a conexão e desconexão dos cabos coaxiais entre os diversos elementos do circuito;

Choque de RF - bloqueia a passagem do sinal de RF entre o *Satellite Finder*, o LNB e a fonte de alimentação, mas permite a passagem da corrente contínua que alimentará o circuito;

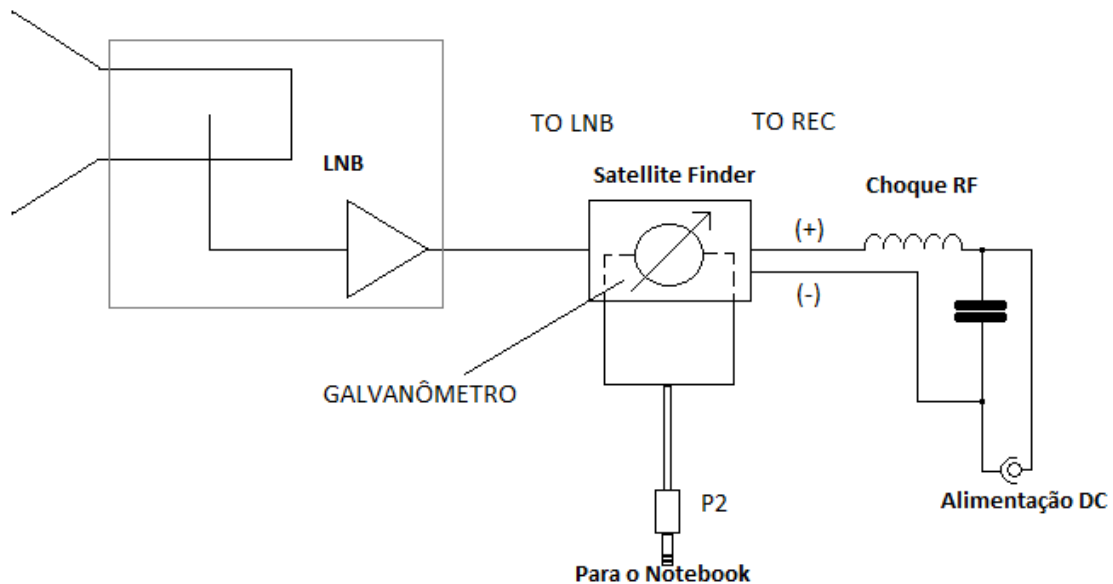
Fonte da alimentação 12 VDC - fornece a tensão e a corrente necessárias ao funcionamento dos circuitos;

Na antena, o refletor parabólico de 0,6 m, com sua superfície metálica, reflete os sinais de RF, concentrando-os num ponto focal onde será instalado o LNB;

O *Low Noise Block* - LNB - recebe o sinal de RF concentrado pela antena, filtra, amplifica e converte a faixa de frequências mais elevada da faixa da Banda Ku (em torno de 14 GHz) para a faixa da Banda L (cerca de 1 GHz). Na Banda L, as frequências trafegam com perdas menores nos cabos coaxiais usados do que o sinal de micro-ondas de frequência mais alta da Banda Ku.

Diagrama Esquemático do Radiotelescópio

Figura 12



Um dos elementos principais do radiotelescópio Banda Ku é o *Satellite Finder*. Interligado entre o *Low Noise Block* - LNB, o bloco amplificador de baixo ruído, e a fonte de alimentação do radiotelescópio experimental, por meio do Choque de RF. O *Satellite Finder* retira uma amostra da frequência que chega em seu conector F "TO LNB" (recebida no LNB), amplificando-a internamente e convertendo a intensidade do sinal de rádio em um nível de tensão que moverá a agulha do medidor analógico – o galvanômetro. O *Satellite Finder* tem ganho de cerca de 20 dB, o que representa um fator de amplificação de 100 vezes.

O valor de tensão que mobiliza o galvanômetro poderá ser interligado à placa de som do *notebook* para a visualização gráfica dos sinais captados pelo LNB, com o programa Radio-SkyPipe.

Como vemos no esquema de interligação, da Figura 12 (fora de escala), o LNB é conectado ao *Satellite Finder* no terminal **TO LNB**. Por sua vez, o outro conector F do *Satellite Finder* (**TO REC**) é conectado à fonte de alimentação DC com outro cabo coaxial. Este cabo é conectado a um choque de RF, constituído por uma bobina, e a fonte de alimentação. De outro modo, o sinal de RF que vem do LNB seria atenuado pelo descasamento de impedância e capacitância da fonte de alimentação.

A derivação do sinal interno do *Satellite Finder* que aciona o galvanômetro é feita com outro cabo - adaptado de plugue P2, macho-macho, do tipo usado em fones de ouvidos, para facilitar sua interligação com a placa de som do *notebook*, quando se optar por usar este recurso.

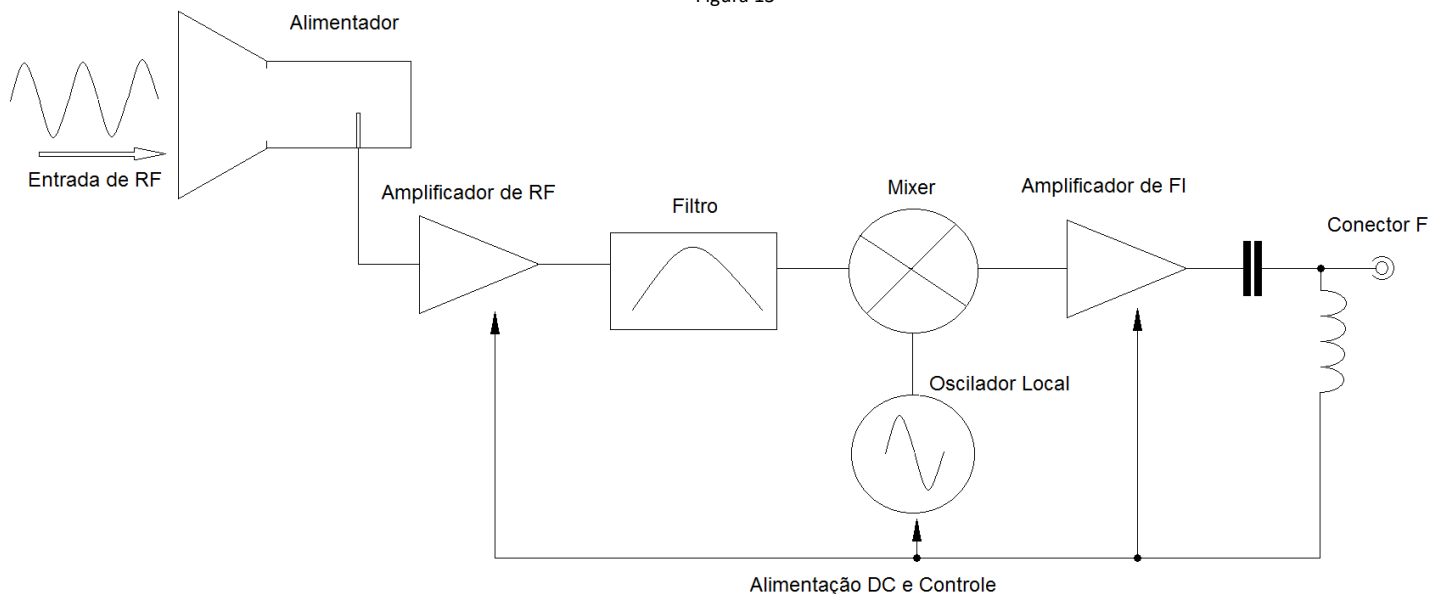
Diagrama de Blocos do LNB

É interessante entendermos um pouco do funcionamento do LNB, Figura 13:

Em termos gerais, o *Low Noise Block* – LNB, é um amplificador de baixo ruído que, além de amplificar o sinal de Radiofrequência – RF, acrescentando o mínimo de ruído ao sinal, na faixa de micro-ondas recebida, também faz uma conversão da faixa de frequências mais altas da Banda Ku para a Banda L, mais baixa, ver valores na Figura 8.

A Banda L, de frequências mais baixas, permite que o sinal seja interligado por meio de cabos coaxiais, o que seria mais difícil com o sinal de micro-ondas, que seria muito atenuado ou exigiria cabos muito caros.

Figura 13



Internamente, a RF é amplificada, filtrada e em um dispositivo denominado Mixer, o sinal original é convertido para frequência mais baixa: um oscilador local gera uma frequência que, ao ser misturada à faixa recebida pela antena, no Mixer, realiza o que se denomina “batimento de frequências” (ocorre quando duas frequências de valores próximos resultam em frequências de outros valores). Neste processo, um sinal de frequência mais baixa é selecionado e amplificado, recebendo a denominação de Frequência Intermediária – FI.

Também existem no LNB circuitos que extraem a alimentação DC do cabo coaxial, pois no mesmo cabo trafega o sinal de FI e a alimentação DC, geralmente na faixa de 12 a 18 V.

Esquema do *Satellite Finder*

Figura 14



Figura 15

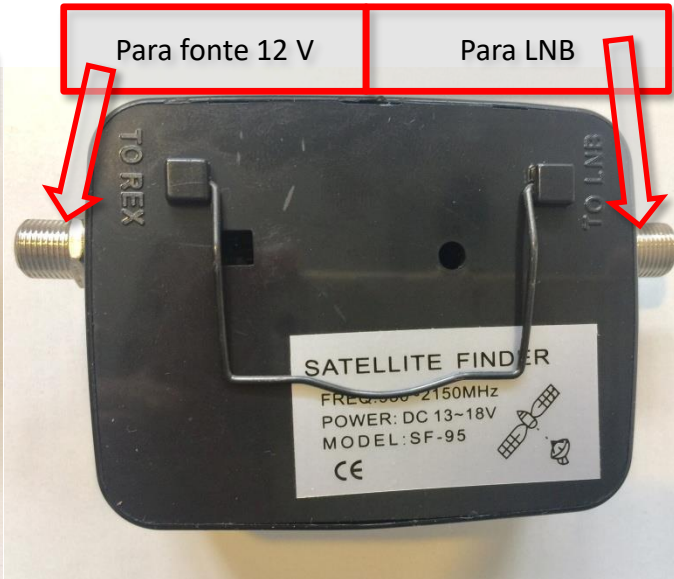


Figura 16

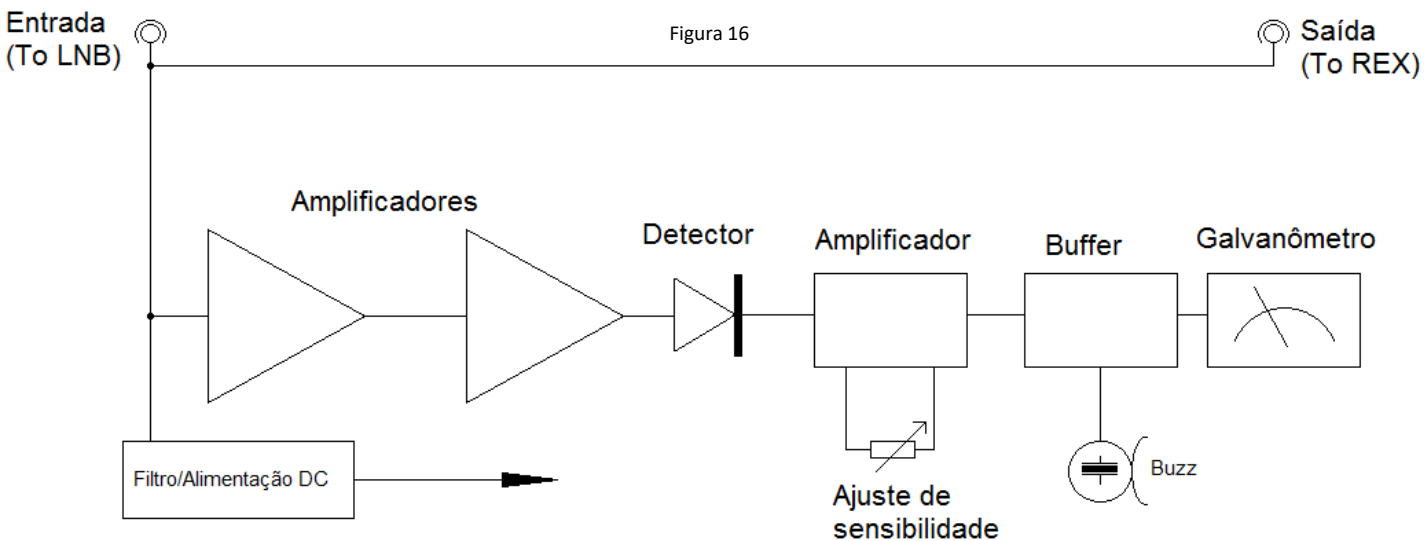
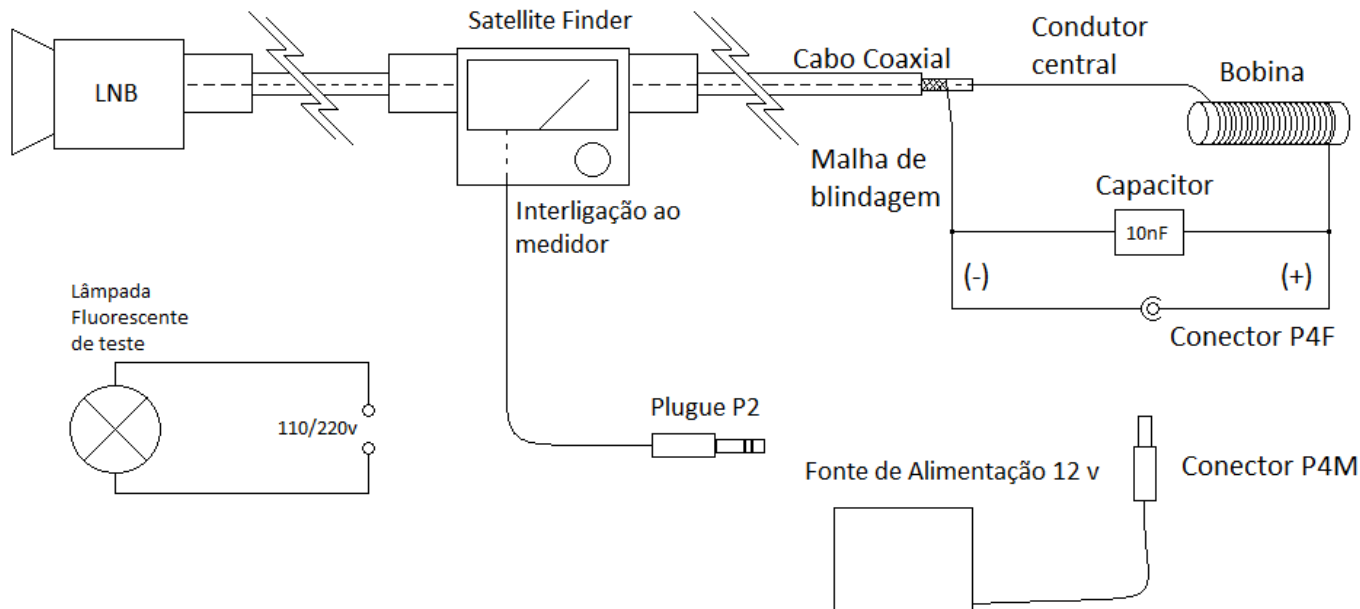


Diagrama simplificado do *Satellite Finder*, Figuras 14, 15 e 16, destacando:
 Conexões de entrada (To LNB) e saída (To REX) do sinal que vem do LNB e vai para a fonte de alimentação;
 Filtro interno para captar alimentação DC do cabo coaxial;
 Amplificadores de RF;
 Detector do sinal da Banda L;
 Amplificador e ajuste de sensibilidade;
 Buffer, amplificador que aciona o galvanômetro, que exibe os níveis relativos de 1 a 10 (e aciona o alerta sonoro, *Buzz*). O sinal a ser interligado ao *notebook* é retirado dos terminais do medidor.

Interligação elétrica

O LNB é interligado via cabo coaxial com o *Satellite Finder*, no conector TO LNB. No outro conector do *Satellite Finder*, TO REC, será conectada o cabo coaxial para o circuito do Choque de RF, Figura 17, que isola o sinal de RF para que não seja interferido pela fonte de alimentação.

Figura 17



O Choque de RF é uma bobina com cerca de 20 voltas de fio esmaltado em torno de um tubo isolante de 1 cm de diâmetro. Num dos lados esta bobina é interligada com solda ao condutor central do cabo coaxial. No outro lado da bobina, interliga-se o capacitor cerâmico de 10 nF x 100 v (opcional) e o conector central do conector P4F (esta interligação deve ser de acordo com a polarização adotada pelo conector P4 da fonte de alimentação usada, um modelo de 12 v, na Figura 20), de modo que o polo positivo da fonte seja interligado ao fio central do cabo coaxial;

O capacitor melhora a filtragem de sinais espúrios no Choque de RF. Pode-se realizar testes com e sem a sua utilização. O outro terminal do capacitor é ligado ao negativo da fonte, que também deve ser interligada à malha externa do cabo coaxial, Figura 17. A fonte de alimentação pode ser uma bateria de 12 v, se o radiotelescópio for usado em campo.

A lâmpada fluorescente de teste é opcional, um circuito simples com fios interligados ao bocal e a uma tomada macho.

Preparação dos Materiais

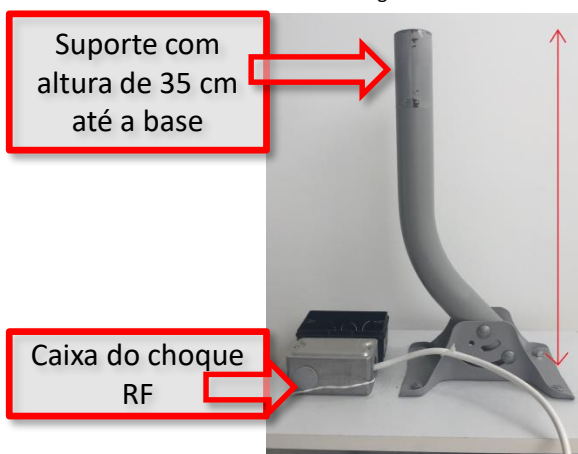
Separar os materiais e ferramentas. Sugerimos o início da montagem com a preparação da base do radiotelescópio. Nesta base ficará apoiado o tubo de suporte da antena, com sua base articulada.

Marcar e furar o local dos furos do suporte da antena e da caixa (metálica) onde ficará o Choque de RF, Figura 18. Opcionalmente, poderá ser instalada outra caixa plástica ao lado para apoiar o *Satellite Finder*.

Figura 18



Figura 19



Será necessário serrar o tubo de suporte da antena para que a sua altura, quando montado, seja de 35 cm, aproximadamente, para que a base de madeira se estabilize com o peso do refletor, Figura 19.

Figura 20



Figura 21



Após serrar o tubo suporte, onde o refletor fica apoiado, na altura de 35 cm até a base, aproximadamente, lixar as rebarbas para que a movimentação do azimute da antena seja relativamente livre, Figura 21.

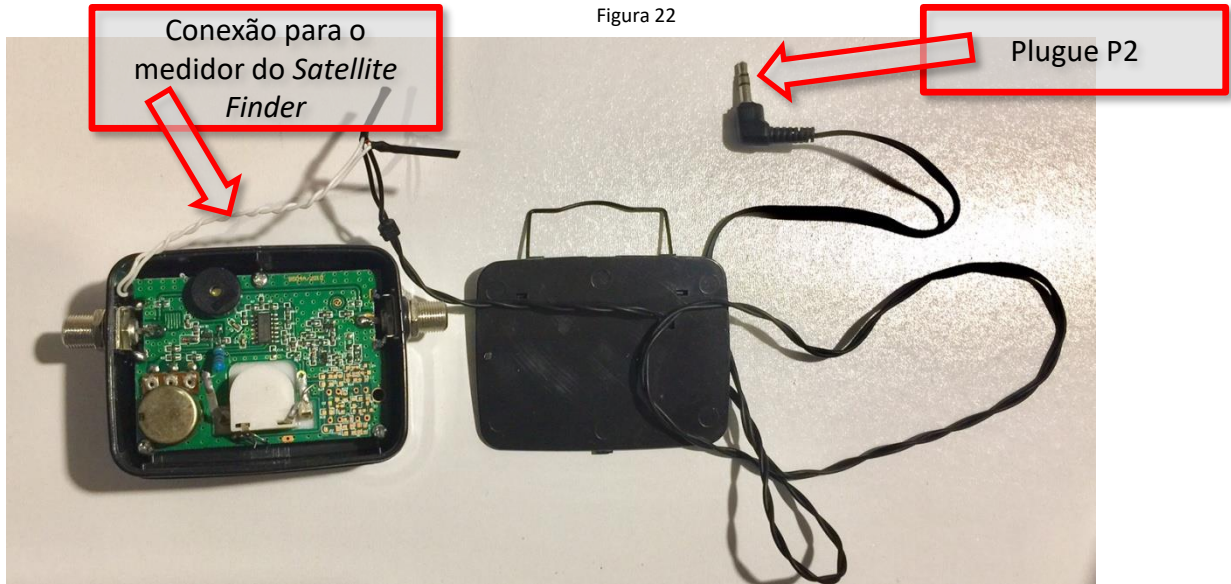


Figura 22



Figura 23

Utilizar um cabo com plugue P2 e interligar a sua fiação em paralelo com o medidor do *Satellite Finder*, Figura 22.

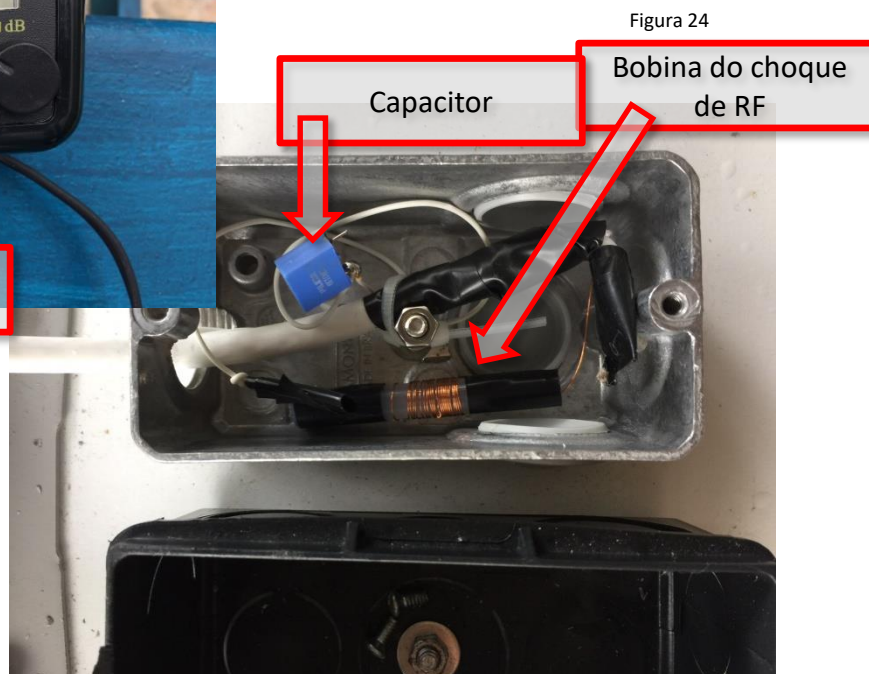


Figura 24

O outro lado do cabo coaxial que é interligado no conector TO REC é a conexão à fonte de alimentação via bobina do choque de RF, que foi instalada em uma caixa, Figura 24.

O SOFTWARE *RADIO-SKY PIPE*

Figura 25

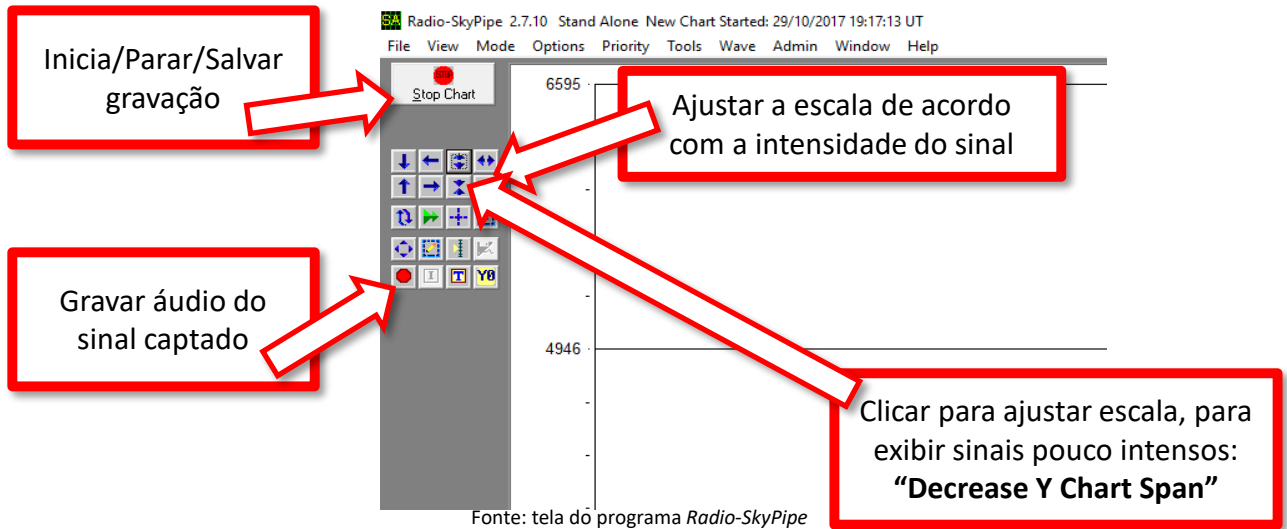
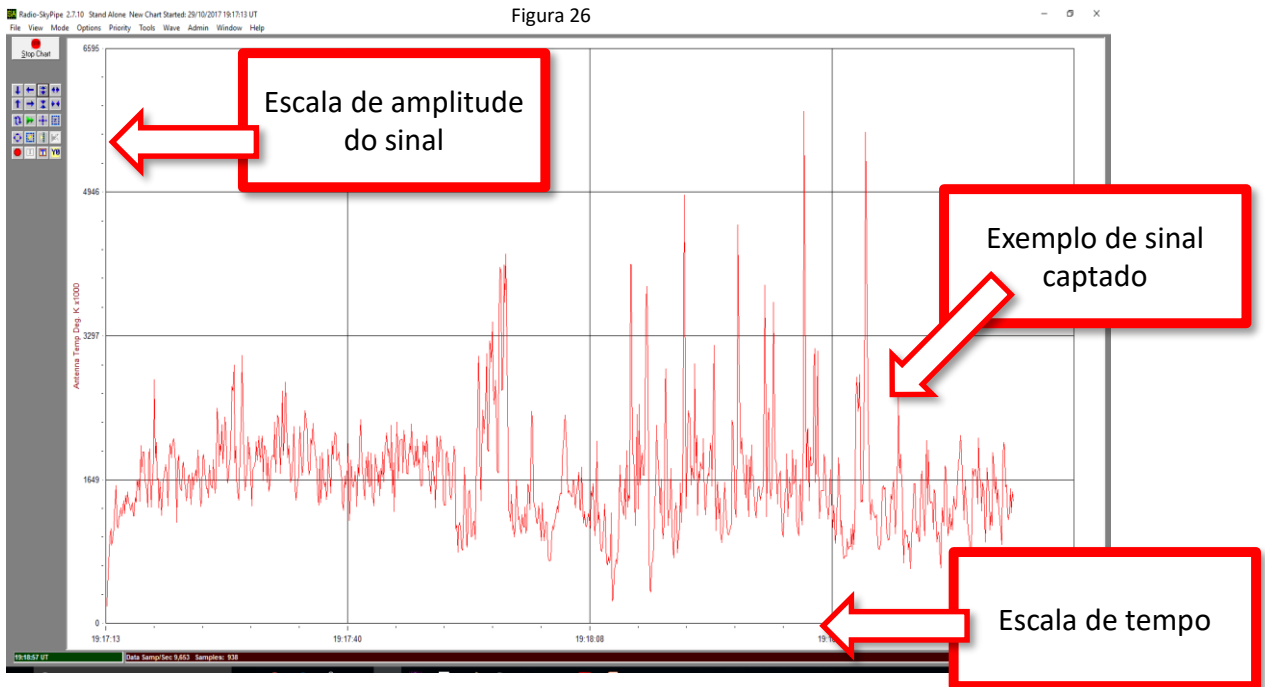


Figura 26



RadioSky-Pipe

Com este *software* o sinal elétrico recebido na entrada de microfone da placa de som do *notebook* é convertido em um gráfico de intensidade e tempo. Permite analisar a forma de onda do sinal elétrico presente e é útil para registrar as intensidades relativas dos sinais e o tempo em que ocorreram. Também pode gravar o sinal de áudio relacionado ao sinal elétrico captado.

Tanto o gráfico como a gravação do áudio do sinal elétrico podem ser salvos e analisados em outro momento. O sinal elétrico captado na bobina é muito fraco e a escala do gráfico deve ser ajustada: "Decrease Y Chart Span" ou "Increase Y Chart Span".

Testes de Funcionamento

Em bancada, testar o funcionamento do radiotelescópio.

Conferir as interligações elétricas, verificar curtos-circuitos ou soldas frias;

Conferir todas as conexões e polaridades (+/-) das ligações;

Conferir os parafusos de ajustes;

Ajustar o controle de sensibilidade do *Satellite Finder* para o mínimo;

Ligar a fonte de alimentação

Ajustar o controle de sensibilidade do *Satellite Finder* para um valor em torno de duas divisões;

Um dos primeiros testes que podem ser realizados é verificar a recepção de emissões térmicas.

Aproxime sua mão do alimentador e verifique se ocorre elevação do nível;

A antena em teste em campo, alimentada por bateria 12 v, Figura 27.

Figura 27



OBSERVAÇÃO: foi utilizada a antena do tipo *Off-set* nesta montagem, que possui ângulo de apontamento ligeiramente deslocado. Deve-se familiarizar-se com esta característica para que o apontamento esteja correto.

Aponte a antena para alguma lâmpada fluorescente no local, ou montar o circuito de teste da Figura 17, verifique a variação do nível quando aproximar a lâmpada do alimentador. **A interligação com a rede elétrica deve ser realizada pelo professor.**

Opcionalmente, testar o radiotelescópio interligado ao *notebook* com o programa *Radio-SkyPipe* iniciado, usando o plugue P2, cujos fios também estão ligados ao galvanômetro do *Satellite Finder*, Figura 22. A escala do programa deve ser ajustada assim exibirá adequadamente, no gráfico intensidade x tempo, qualquer variação de sinal do medidor;

ÁREA EXTERNA

Apontar o radiotelescópio para o céu desobstruído e ajustar o nível do *Satellite Finder* para o valor mínimo – esta seria uma referência de nível mínimo. Ao apontar para alguma estrutura ou árvore, verificar se aumenta o nível. Se aumentar, o radiotelescópio já está captando emissões térmicas locais. Pode-se ajustar a sensibilidade de acordo com a fonte pesquisada.

Localizar o Sol e apontar a antena. **Não olhar diretamente para o Sol;**

Perceber a influência de estruturas como prédios e árvores no sinal captado ao apontar a antena para estes objetos.

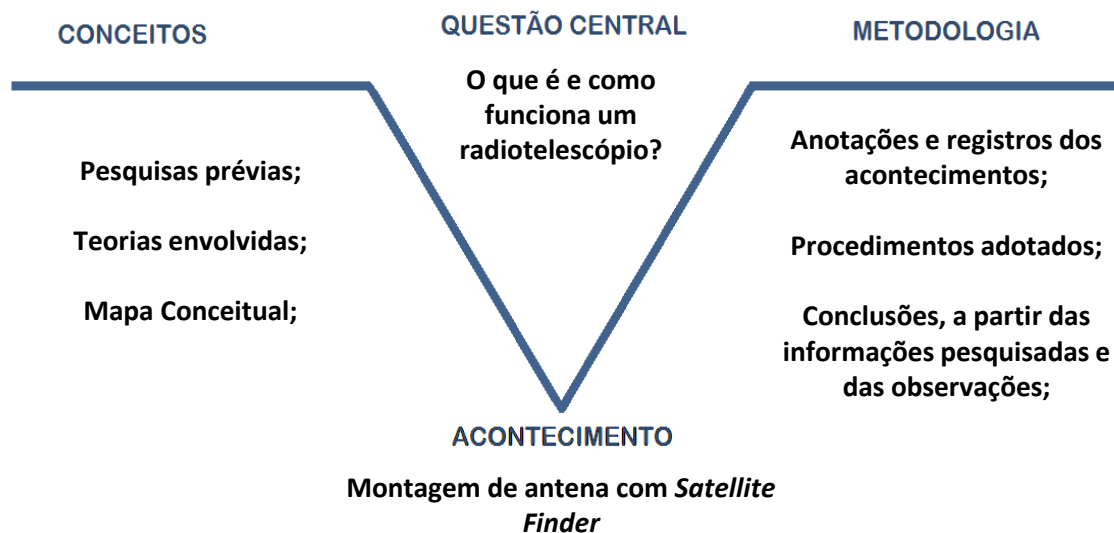
Procedimento Experimental

Após concluída a montagem, com a supervisão do professor e participação dos estudantes, realizar experimentos e observações com base nos conhecimentos prévios e novos conhecimentos adquiridos.

Deve-se incentivar a observação, análise e registro do que acontece no experimento, com o Diagrama em Vê como referência da atitude investigativa. Resgatar as pesquisas realizadas e o Mapa Conceitual.

No exemplo abaixo, sugerimos uma questão central, mas outras podem ser adotadas.

Figura 28



Após os primeiros testes realizados, o professor e os estudantes podem estabelecer uma rotina de observações diárias do Sol com a antena e o *satélite finder*. A antena pode, por exemplo, ser montada em um local fixo – apontada para o local onde interceptará o plano da eclíptica – em que o Sol aparentemente se move diariamente. Satélites geoestacionários que transmitam na faixa de recepção da antena também podem ser usados como objetos didáticos. Para o apontamento da antena, é necessário saber onde ela está localizada na Terra e para onde apontará no céu.

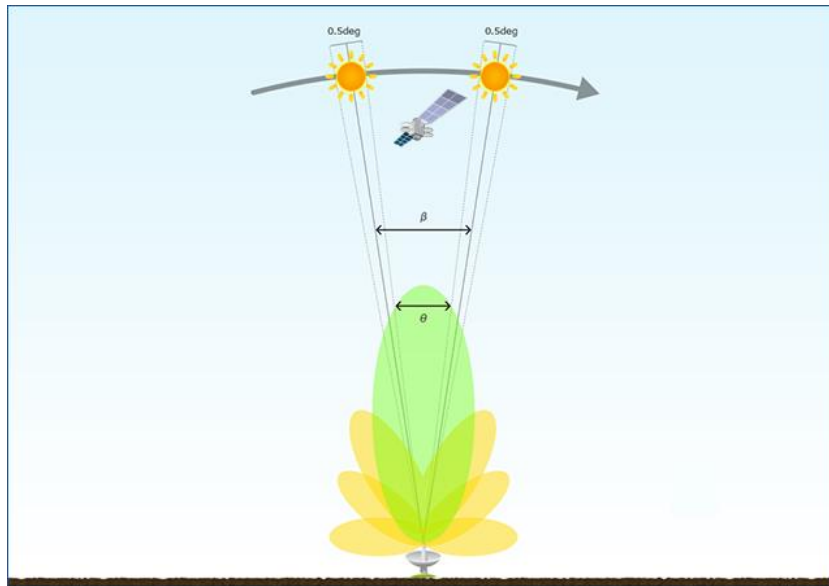
Os estudantes poderão ter contato com os seguintes aspectos:

Geografia; coordenadas e mapas; Noções de elementos fundamentais da esfera celeste (polo celeste; equador celeste; paralelo celeste; círculo horário ou declinação; eclíptica; trópicos celestes; zodíaco); Noções de funcionamento da antena parabólica, com e sem *offset*; Eletromagnetismo – propagação das ondas de rádio no espaço livre; Cálculo simplificado de um enlace de rádio via satélite; TIC e inglês, para pesquisas na internet, ou outros conteúdos, de acordo com o professor.

ATENÇÃO: Ao efetuar observações solares, nunca olhar diretamente para o Sol

As antenas possuem um diagrama de irradiação que representa a sua irradiação no espaço (em relação a coordenadas), para transmissão e a região espacial para apontamento na recepção dos sinais. Exemplo na figura:

Figura 29



Crédito imagem: <http://www.jsat.net/en/sun-interference.html>

A temperatura equivalente do céu é de 3 K, da Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas;

A temperatura da superfície da Terra é em torno de 300 K e a dos Sol é cerca de 6000 K.

Como o Sol aparenta dimensão angular de $0,5^\circ$ e a Terra, muito mais próxima, ocupa grande área, o nível do Sol, comparativamente poderá parecer menor.

O lóbulo da antena Banda Ku é de aproximadamente 3° , logo, para captar o Sol este deve ser percebido pela antena nesta região do lóbulo, ver Figura 29.

Exemplo:

A Terra gira 360° em 24 h, o que é equivalente a 15° por hora ($360^\circ/24=15^\circ$);

15° por hora, são $0,25^\circ$ por minuto ($15^\circ/60=0,25^\circ$);

Se o Sol leva 10 minutos, com seu movimento aparente no céu, para entrar e sair do diagrama de irradiação de uma antena hipotética, então a largura de feixe máxima da antena é de $2,5^\circ$.

Outras abordagens:

O sinal captado pela antena está sujeito a diversas interferências locais. Liste algumas delas e explique porque acontecem.

Ao captar o sinal do *Satélite Finder*, no ponto do circuito em que está o *Buzzer* (buzina), qual a principal desvantagem deste método?

Qual a alternativa para digitalizar o sinal captado no *Satellite Finder*?

Considerando-se que um radiotelescópio trabalha em faixas de frequência específicas de observação, imagine o radiotelescópio experimental montado possuir a sensibilidade necessária para que fosse possível observar certos fenômenos astronômicos. Qual das emissões listadas abaixo seria a mais indicada a ser observada, considerando-se a faixa de frequência de recepção da Banda Ku, na antena terrestre?

Moléculas de hidrogênio que emitem sinais de rádio na faixa de 1,25 e 1,35 mm;

Emissões de Júpiter na faixa de 20,1 MHz;

Emissões do hidrogênio neutro presente no meio interestelar da galáxia, com a linha de emissão típica de 21,11 cm;

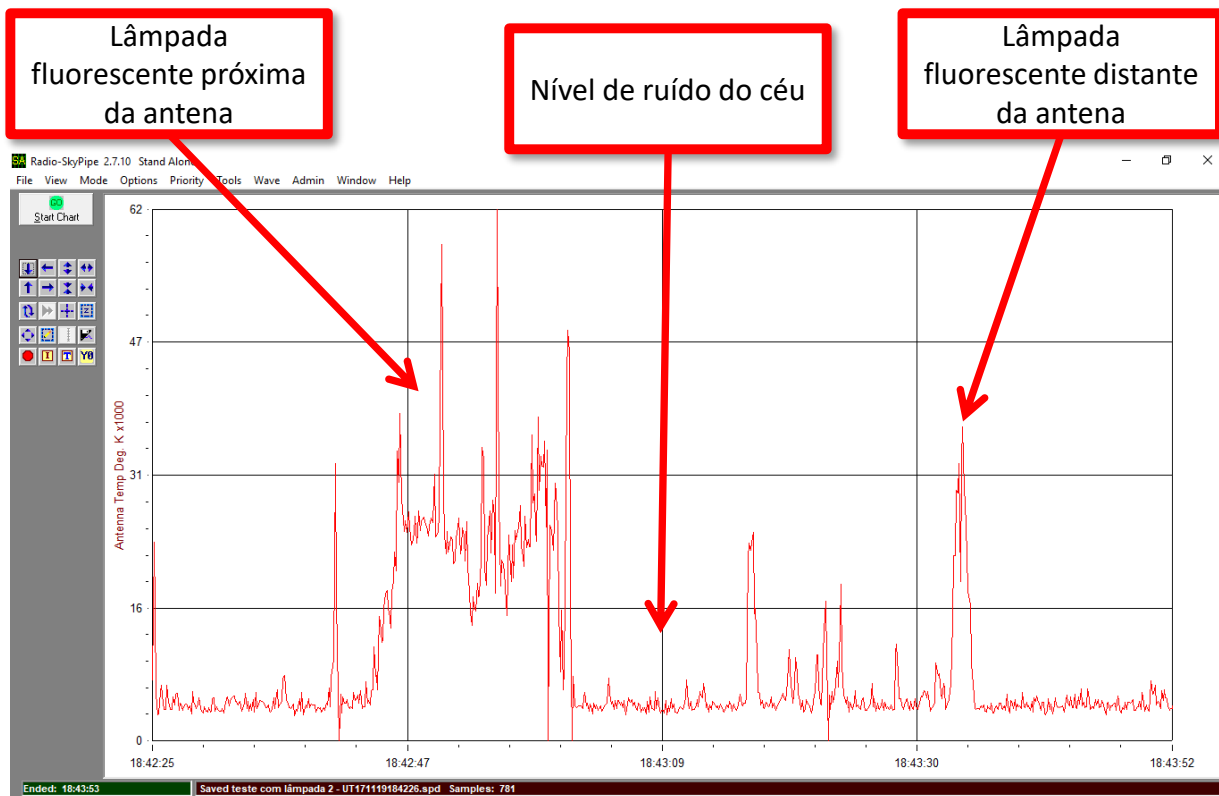
Emissões térmicas de objetos como o Sol e a Lua.

Interferência	Motivo

Abaixo, comparação dos sinais captados, ruído normal e estrutura de prédio.



Fonte: tela do programa *Radio-SkyPipe*



Fonte: tela do programa *Radio-SkyPipe*

Nesta captura de tela, algumas simulações utilizando lâmpada fluorescente e comparando o sinal de ruído mínimo captado pela antena no ambiente de teste ao apontar para o céu e o aumento do ruído com a lâmpada próxima à antena.

O ruído à distância foi mais difícil de atingir o foco da antena, mas a intensidade não diminuiu significativamente.

Material de Leitura:

FERNANDES, K. C. **Construção de um radiotelescópio amador em microondas 12 ghz, dotado de um sistema automático de aquisição de dados.** UCB, 2007. Disponível em:
<http://www.ucb.br/sites/100/118/TCC/2%C2%BA2007/TCCKley2007.pdf>

Rádio Telescópio, de Kepler de Souza Oliveira Filho :
<http://astro.if.ufrgs.br/telesc/node3.htm>

“Building and Using an Itty Bitty Telescope”:
<http://www.gb.nrao.edu/epo/ibt.shtml>

Instruções (em inglês):
<http://www.gb.nrao.edu/epo/ambassadors/ibtmanualshort.pdf>

Diagrama elétrico do Satellite Finder:
<http://radiotelescopeamateur.e-monsite.com/pages/b-avec-le-materiel/1-modification-satfinder.html>

Programa de computador para coleta de dados - “RadioSky-Pipe” – disponível em:
<http://www.radiosky.com/skypipeishere.html>



ROTEIRO DE CONSTRUÇÃO E DE EXPERIMENTOS

MARCELO LAGO ARAÚJO

Orientadores: Germano Pinto Guedes
 Marildo Geraldête Pereira



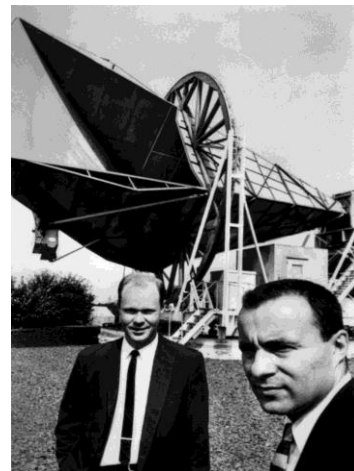
SIMULADOR DA RCFM

Figura 1

No início dos anos 1960, uma antena (*Holmdel Horn Antenna*) da empresa Bell Labs foi utilizada para pesquisar comunicações com sinais de micro-ondas refletidos por satélites artificiais em órbita da Terra, na incipiente indústria de lançamento de satélites. A pesquisa era conduzida pelos cientistas Arno Penzias e Robert A. Wilson, e seu resultado inesperado revolucionou o que sabemos sobre a origem do Universo, valendo-lhes o Prêmio Nobel de Física de 1978.

Na Figura 1, os pesquisadores e a antena. Ligada a receptor de micro-ondas extremamente sensível, precisava captar o mínimo de ruído e interferências para poder discriminar o sinal de rádio refletido por balões metalizados que estavam órbita.

Em 1964, apesar de todos os cuidados que Penzias e Wilson tiveram para minimizar ruídos, havia um sinal persistente, recebido de qualquer direção do céu para onde a antena fosse apontada. Os pesquisadores acharam que poderia haver algo errado com o equipamento.



Fonte: <https://www.bell-labs.com/explore/stories-changed-world/Cosmic-Microwave-Background-Discovery/>

Mesmo limpando da antena os excrementos de pombos e removendo os pássaros do local, não reduziram o ruído. Por fim, eles determinaram que o ruído vinha do Espaço, fora da nossa galáxia. Em maio de 1965 publicaram artigo em que relatavam o “excesso de temperatura” captada pela antena.

Se as antenas captam sinais de rádio, por que eles mediam temperatura?

Os radioastrônomos captam sinais de rádio em suas antenas mas, por questões práticas, a intensidade do sinal em estudo costuma ser determinada em termos da temperatura equivalente da fonte do sinal, em graus Kelvin (K). Convém lembrar que, a relação de Kelvin para grau Celsius (°C) é a seguinte:

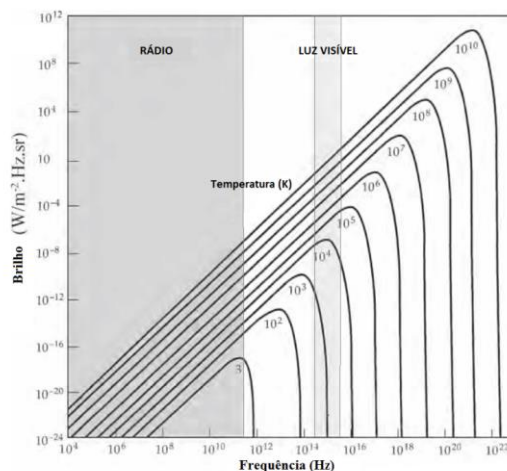
$$K = C + 273,15$$

Na Radioastronomia, o Jansky (homenagem a Karl Jansky) é a unidade para a densidade de fluxo do sinal que chega à antena. Como os níveis são muito baixos, os cientistas optam por utilizar escalas equivalentes, em temperatura, para medir as intensidades.

Isso é possível porque, conforme estabelece a Lei de Planck, a quantidade de energia emitida por um corpo idealizado, denominado corpo negro, Figura 2, em determinada frequência, depende da sua temperatura.

Se o nível do sinal convertido para o equivalente em temperatura não se enquadra na curva do corpo negro, é porque o mecanismo de emissão não é por processos térmicos, podendo ser radiação síncrotron (envolvendo campos magnéticos e partículas carregadas), por exemplo.

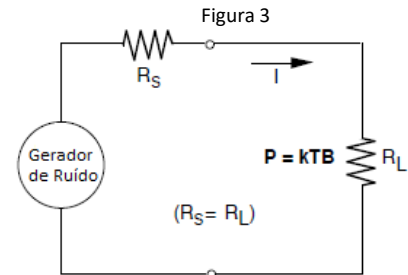
Figura 2



Fonte: adaptado de LASHLEY, 2010, p. 7

A “temperatura” da antena

A temperatura da antena é um fator muito importante na Radioastronomia em função dos níveis muito baixos medidos. Os cientistas constroem receptores que, muitas vezes, precisam estar resfriados em temperaturas próximas ao zero absoluto, para minimizar o ruído térmico gerado no próprio equipamento.



Fonte: adaptado de FLAGG, 2005, p. 10-2

Sabe-se que um resistor conectado ao terminal da antena de um receptor de rádio gera um fraco ruído térmico, que se espalha por todo o espectro eletromagnético, segundo a curva de Planck, em função da movimentação aleatória dos elétrons que o constituem, ver Figura 3. Se pudéssemos aquecer o resistor até ser possível medir o mesmo nível de ruído que seria medido com uma antena real conectada ao receptor, ao atingir esta temperatura, poderíamos dizer que esta seria a temperatura da antena (mas a antena não estaria aquecida, seria temperatura equivalente).

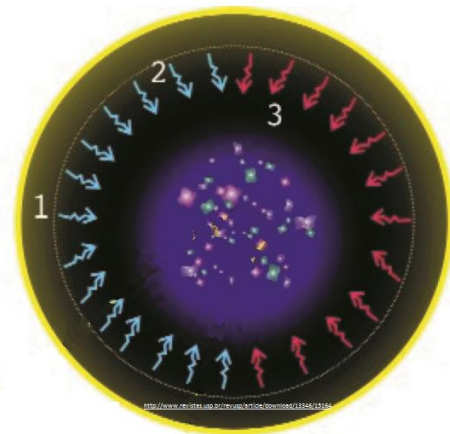
A potência do sinal astronômico recebido (P) pode ser dado em função da temperatura da antena (T), e sua largura de banda, B , e pode ser expressa por:

$$P = k TB$$

onde k é a constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$); B é a largura de faixa (ou banda) do sinal recebido pela antena, em Hz;

Quando Penzias e Wilson descobriram a Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas - RCFM, mediram a temperatura em torno de 3,5 K, na frequência correspondente ao comprimento de onda de 7,35 cm (aproximadamente 4 GHz). Quase ao mesmo tempo, outros cientistas tentavam demonstrar a existência da RCFM, prevista por Gamow e, ao saberem dos resultados das medidas de Penzias e Wilson, Robert Dick e seus colaboradores perceberam que se tratava do resultado que eles buscavam.

Figura 4



1 - PLASMA PRIMORDIAL 2 - SUPERFÍCIE DE ESPALHAMENTO 3 - REGIÃO ESCURA

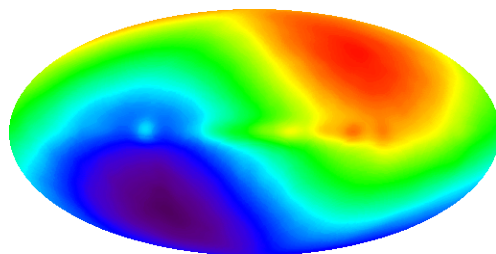
Fonte: adaptado de VILLELA, FERREIRA & WUENSCHÉ, 2004, p. 109

Costuma-se dizer que 1% do ruído de estática captado por uma TV analógica sintonizada num canal fora do ar são oriundos da RCFM. Esta radiação, que vem de todos os lados do céu, Figura 4, é uma relíquia do Universo primordial que estava em expansão e que, quando tinha cerca de 380.000 anos de idade, passava por processo de esfriamento que finalmente permitiu a combinação de prótons e elétrons, para a formação dos primeiros átomos de hidrogênio. A radiação gerada àquela época, com o resfriamento e o desvio para o vermelho do efeito Doppler pode ser captada como micro-ondas ainda hoje.

MECANISMOS DE EMISSÃO

Uma das características do sinal da RCFM quando a observamos é o chamado Efeito Dipolo, provocado pelos movimentos relativos da nossa Galáxia em relação à RCFM, que está relacionado ao efeito Doppler, Figura 5. Na imagem, a diferença de temperatura resultante do efeito Doppler entre as duas regiões é de apenas 0,1% - a região laranja representa aumento de temperatura e a azul temperatura menor.

Figura 5

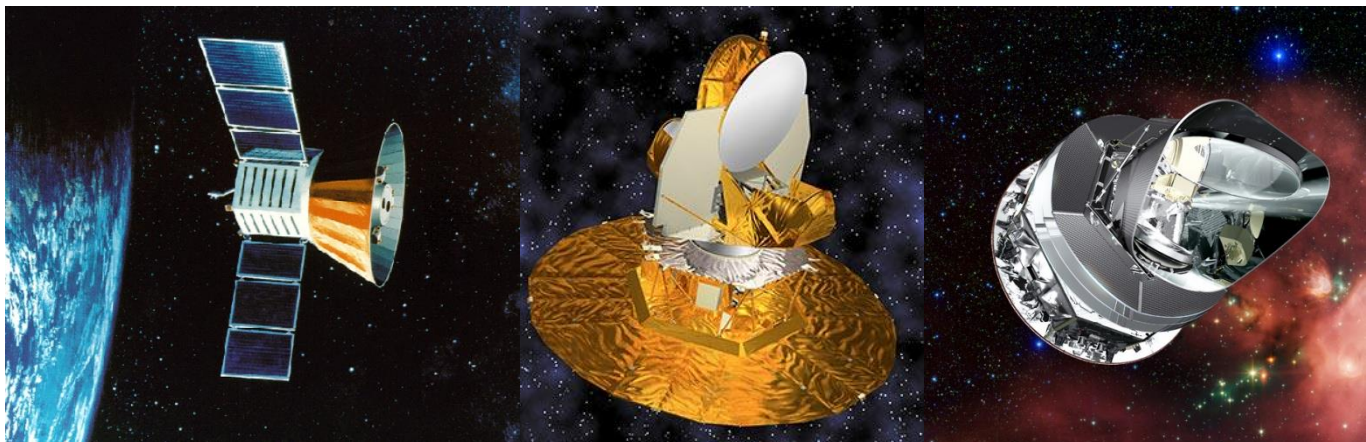


Fonte:

https://wmap.gsfc.nasa.gov/universe/bb_cosmo_fluct.html

O sinal residual em micro-ondas ainda é detectado 13,7 bilhões de anos depois do evento, por receptores de rádio a bordo de satélites como o *Cosmic Background Explorer* (COBE), *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* (WMAP) e o PLANCK. Com as radiações captadas nos detectores, denominados bolômetros, realizou-se um mapeamento de todo o céu em micro-ondas.

Figura 6



Fonte: Adaptado de <<https://science.nasa.gov/missions/cobe>>, <<https://map.gsfc.nasa.gov/>> e <http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Planck/Planck_and_the_cosmic_microwave_background>

A RCFM possui espectro característico de radiação do corpo negro, com pico de emissão em 160,4 GHz e temperatura de 2,725 K. Por ser temperatura tão baixa, o estudo da RCFM apresenta algumas dificuldades: o sinal é muito fraco; é necessário observá-lo em várias faixas de frequências; deve-se medir mínimas variações de temperatura para os mapeamentos; necessita de técnicas de criogenia, para resfriar os receptores. Medições na Terra são dificultadas pela atmosfera; a Via Láctea também ocupa uma grande faixa no céu e deve ser considerada e subtraída das medições. Os próprios instrumentos geram calor que pode interferir nas medidas.

CONCEITOS BÁSICOS

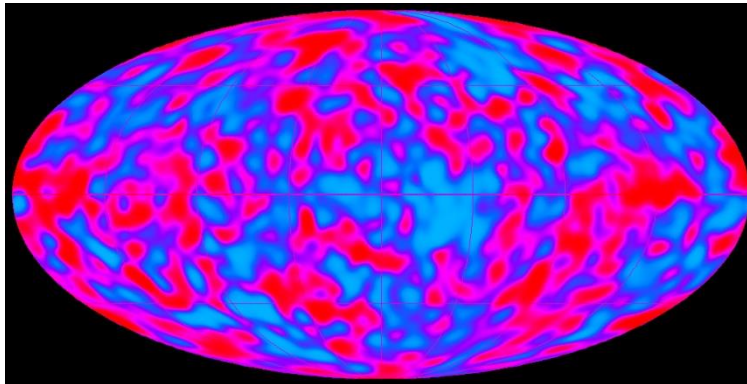
Cosmologia: estudo da origem, evolução e fim de objetos e fenômenos (galáxias, estrelas, radiações) no Universo observável;

Big Bang: no início o Universo era muito quente e denso, tendo se expandido e esfriado, esta expansão ainda é detectada hoje, e a temperatura é medida com a RCFM, em 2,7 K. Objetos distantes parecem estar se afastando de nós, há evidências relacionadas ao desvio para o vermelho, causado pelo efeito Doppler.

RCFM – as micro-ondas captadas hoje foram emitidas quando o Universo tinha cerca de 300.000 anos.

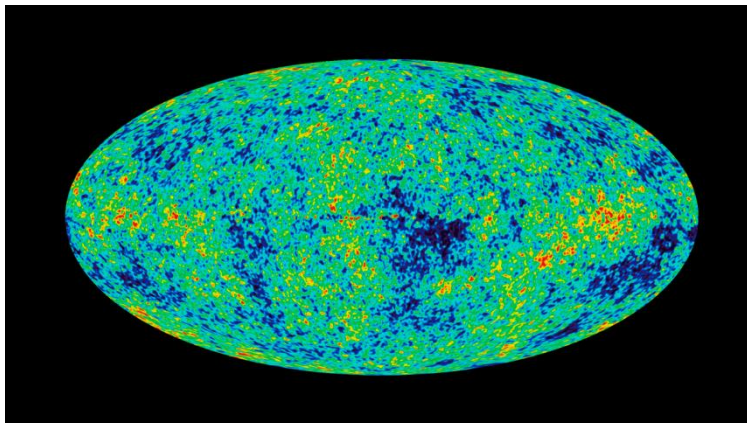
Mapeamentos da RCFM – com as sondas recentemente lançadas, o céu foi mapeado com grande precisão e foi possível medir mínimas variações de temperatura denominadas ANISOTROPIAS, Figuras 7 e 8;

Figura 7



Fonte: https://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/dmr_image.cfm

Figura 8



Fonte: <https://wmap.gsfc.nasa.gov/media/121238/index.html>

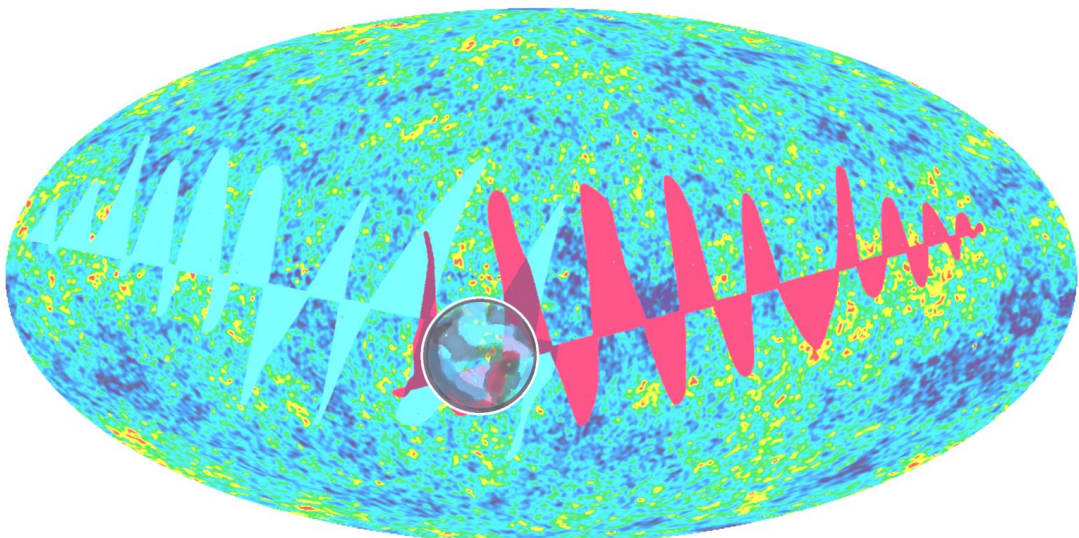
Para representar como a RCFM é gerada e captada ainda hoje, foi construído um artefato físico em que vários dispositivos foram acoplados, cada um para representar um conjunto de aspectos do que descreve a teoria.

Uma caixa no formato piramidal representa a expansão do Universo, desde a singularidade até o presente. No que seria a base da pirâmide, foi adaptada para conter uma tela com uma lente de ampliação de imagem de celular, ou, alternativamente, para afixar um *tablet*. O formato da caixa se assemelha à antena de corneta que Penzias e Wilson utilizaram na década de 1960 com a qual captaram a radiação cósmica de fundo.

O efeito Doppler, que também afeta a radiação cósmica de fundo, é abordado com uma adaptação de um *joystick* interligado a LEDs tipo RGB (Vermelho, Verde, Azul) de modo a só acenderem as cores azul e vermelha, dependendo para que direção se acione o controle. O movimento representa o desvio de frequência pelo efeito Doppler, no sinal observado na Terra, a depender da direção para onde se aponta a antena, durante o tempo de rotação da Terra em sua órbita, junto ao Sistema Solar e a Galáxia, em relação à RCFM.

As noções das temperaturas envolvidas nas fases de evolução do Universo são simuladas com uma fonte térmica e um medidor digital de temperatura. A fonte térmica está localizada no vértice da pirâmide, representando o momento em que a temperatura do universo era mais alta bem, como a densidade, até antes dos 380.000 anos após o Big Bang. A temperatura pode ser controlada com um *dimmer*, com o qual se pode simular variações na temperatura – as anisotropias.

Figura 9



Lista de Materiais

Quadro 1

MATERIAIS	QUANTIDADE	CUSTO (R\$)	TOTAL
TERMÔMETRO DIGITAL PARA AQUÁRIO	1	10,90	R\$ 10,90
CONTROLE SANWA - JOYSTICK	1	55,00	R\$ 55,00
KIT COM 10 LEDS RGB ALTO BRILHO	1	11,50	R\$ 11,50
RESISTORES 220 OHM – 1/8 W	8	0,10	R\$ 0,80
RESISTORES 330 OHM – 1/8 W	8	0,10	R\$ 0,80
CANTONEIRA 3CM (com 10 peças)	1	10,50	R\$ 10,50
UNIÃO CHATA CT 80MM (com 4 peças)	1	13,50	R\$ 13,50
EUCATEX LISO275X122	1	56,90	R\$ 56,90
EUCATEX - SERVIÇO DE CORTE	9	2,00	R\$ 18,00
COLA QUENTE SILICONE FINA	1	4,99	R\$ 4,99
PAPEL CARTÃO PARANÁ N 60 80X100CM	1	7,00	R\$ 7,00
FERRO DE SOLDAR 30W - 220 V	1	34,90	R\$ 34,90
UNIÃO CHATA CT 80MM	1	13,50	R\$ 13,50
LENTE PROJETOR AMPLIA IMAGEM CELULARES	1	27,90	R\$ 27,90
DIMMER 400 W, 127 V	1	54,90	R\$ 54,90
TOMADA RABICHO AC COM INTERRUPTOR	1	6,00	R\$ 6,00
LIXA D'ÁGUA	1	2,10	R\$ 2,10
SOLDA 40/60	1	10,00	R\$ 10,00
ABRACADEIRA DE NYLON COM TRAVA 10MM (CARTELA)	1	4,00	R\$ 4,00
PARAFUSOS COM PORCAS (CARTELAS)	4	5,50	R\$ 22,00
PROTOBOARD 400 PONTOS	1	7,00	R\$ 7,00
FIOS JUMPER, 20 CM, PACOTES COM 10 M/M OU FIOS AZUL/VERMELHO/PRETO	1	10,00	R\$ 10,00
RÉGUA DE TOMADAS AC C/3 F	1	14,00	R\$ 14,00
FIOS JUMPER, 20 CM, PACOTES COM 10 F/F OU FIOS AZUL/VERMELHO/PRETO	2	10,00	R\$ 20,00
SERVIÇOS DE IMPRESSÃO	3	1,00	R\$ 3,00
TOTAL			R\$ 419,19

A montagem proposta neste roteiro utiliza placas Eucatex que podem ser substituídas por papel paraná. Para a montagem, as ferramentas necessárias, são:

Quadro 2

FERRAMENTAS	QUANTIDADE
FERRO DE SOLDAR 30 WATTS	1
ALICATE DE CORTE	1
CHAVE DE FENDA	1
FURADEIRA ELÉTRICA	1
BROCAS PARA METAL/PLÁSTICO/MADEIRA (DIÂMETRO DE ACORDO COM OS PARAFUSOS)	1
SERRA DE AÇO RÁPIDO 30 CM	1
PINCEL/TRINCHA	1
TRENA/RÉGUA/ESQUADRO	1
LÁPIS/CANETA	1
Aplicador para cola quente	1

Componentes especiais da Montagem

Figura 10



A TELA MULTIMÍDIA

É uma lente própria para ampliar imagens de celulares/*smartphones*, a ser adaptada e presa com parafuso ao Pannel da Lente. O acesso para manipular o aparelho celular é frontal pois a lente é articulada, permitindo abrir e fechar o acesso.

O *smartphone* deve ser acionado para a exibição do vídeo selecionado e introduzido na caixa, no suporte próprio que compõe a lente. O volume do som e o brilho da tela devem estar configurados previamente para o máximo valor de ajuste.

A Figura 10 é uma imagem da lente para o celular.

A base do suporte da lente deve ser perfurada para permitir a passagem do parafuso que a prenderá internamente no Pannel da Lente, ver Figura 21, do Simulador RCFM.

Figura 11



TERMÔMETRO DIGITAL

O termômetro digital e o *smartphone* são utilizados sem interligações elétricas externas com outros componentes do Simulador, pois ambos possuem baterias próprias.

O termômetro deverá ser encaixado no furo apropriado, na tampa superior – ver Figuras 19, 20 e 23 - e o fio do sensor térmico deverá ser encaixado no furo ao lado, no local indicado.

Figura 12



DIMMER

O dimmer, do tipo comercial, 110/220v, 300W, será o dispositivo que controlará a temperatura da fonte de calor.

Deverá ser removido do espelho de acabamento e encaixado e parafusado no local indicado, na tampa superior do Simulador RCFM, Figuras 19, 20 e 23.

Figura 13

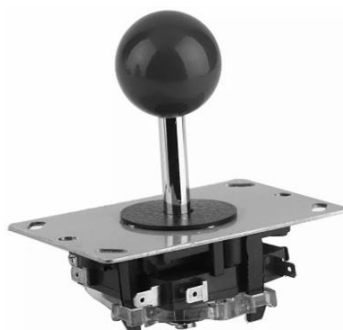


FONTE DE CALOR

A fonte de calor é um ferro de soldar, de 220v, e 30W no máximo, a ser instalado dentro da caixa. Sem entrar em contato direto com as superfícies de papelão e eucatex. Local de indicação dos furos para prendê-lo, nas Figuras 19 e 21 e local de instalação na Figura 22.

O ferro deve ser de 220 v, para ser usado com tensão de 110v, de modo que opere abaixo da sua potência e não gere calor em excesso.

Figura 14

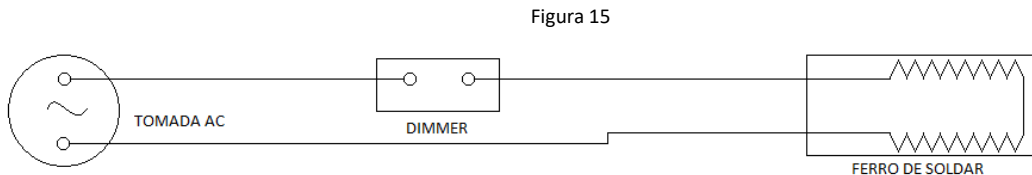


JOYSTICK

Equivalente ao modelo CONTROLE SANWA, possui quatro interruptores internos, mas permite ser acionado para qualquer direção, de modo que mais de um interruptor pode ser acionado ao mesmo tempo. Os LEDs acenderão em conformidade com a direção para onde aponta a alavanca de comando, em função da montagem, Figuras 16, 18, 19 e 23.

O acendimento dos LEDs ocorre em função do tipo de interligação. São utilizados resistores para limitar a corrente de cada LED, mas não há controles eletrônicos adicionais.

Diagramas Elétricos



Gerador de calor, para simular os primórdios quando o Universo era muito quente e denso, além das variações de temperatura:

Um ferro de soldar de baixa potência, 30 W, 220 V, mas ligado em 110 V, para operar com potência mais baixa, será interligado ao *dimmer* que controlará sua potência de modo que não se aqueça em demasia, Figura 15;

A variação de temperatura será medida com o termômetro digital.

SIMULADOR EFEITO DOPPLER

Este simulador é composto pela chave tipo SANWA para Joystick, Figura 14, interligada a resistores e aos terminais dos LEDs RGB. Este tipo de LED acende nas três cores primárias, mas serão utilizados apenas os terminais correspondentes às cores **vermelha** e **azul** (a cor verde não será conectada).

Este é um circuito simples, mas que requer cuidados na interligação dos componentes para não danificá-los. São utilizados resistores para limitar a corrente nos LEDs e protegê-los. A forma de calcular o valor dos resistores depende da queda de tensão que cada LED representa, da tensão da fonte de alimentação usada, e da corrente típica do LED. Para calculá-los, usamos a expressão, com base na Lei de Ohm:

$$R_{Resistor} = \frac{V_{Fonte\ DC} - V_{LED}}{I_{Corrente\ Típica}}$$

Resistor – resistência a ser utilizada em série com o LED, em Ohm, deve-se usar o valor de resistor comercial mais alto que o calculado, para maior durabilidade dos LEDs. Valor em Ohm (Ω);

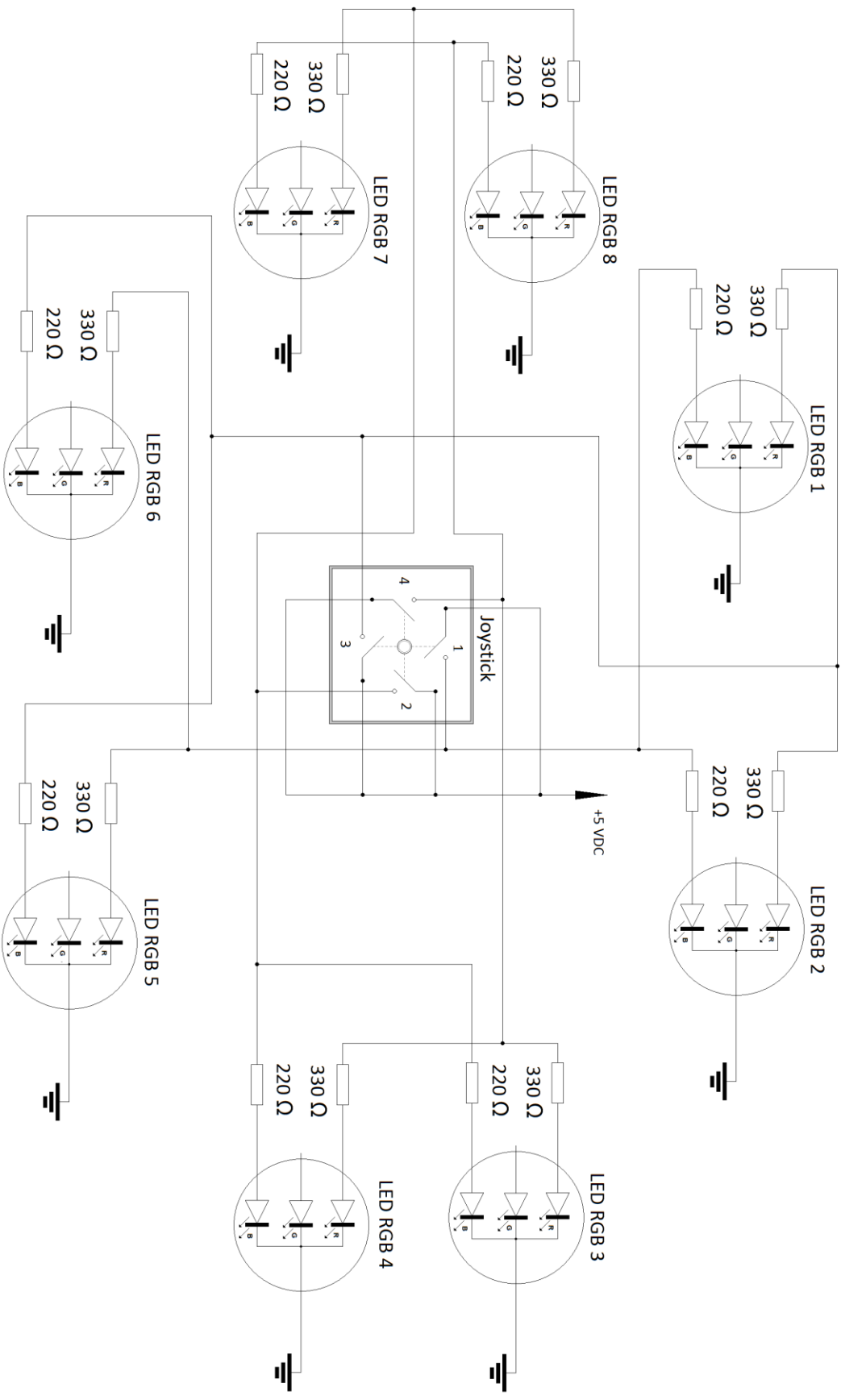
$V_{Fonte\ DC}$ – Tensão da fonte de alimentação DC (corrente contínua);

V_{LED} – Tensão típica do LED (valores considerados: 1,8 volts, para o LED vermelho e 2,5 volts para o LED azul);

$I_{Corrente\ Típica}$ – Valor considerado de corrente típica do LED de alto brilho: 0,02 Ampère.

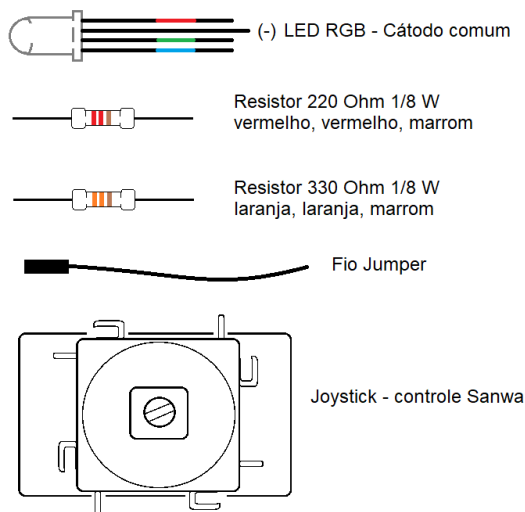
Diagrama elétrico dos LEDs interligados aos resistores e do Joystick, na Figura 16.

DIAGRAMA ELÉTRICO – JOYSTICK – EFEITO DOPPLER



Montagem do *Joystick*

Figura 17



Identificação dos componentes na Figura 17.

Com os terminais dos LEDs, e os resistores comerciais de 1/8 W, com os códigos de cores. Foram calculados e os valores mínimos dos resistores são:

Para os LEDs vermelhos: 175 Ohm; Resistor comercial próximo: 220 Ohm, foi utilizado de 330 Ω , 1/8 Watt, com brilho satisfatório.

Para os LEDs azuis, 125 Ohm. Resistor comercial próximo: 150 Ohm, foi utilizado de 220 Ω , 1/8 Watt, com brilho satisfatório.

Interpretação do esquema elétrico:

A chave de contatos do tipo *joystick* é interligada eletricamente aos LEDs RGB de modo que, dependendo da direção do acionamento, serão acesas as cores azul e vermelha de dois pares de LEDs, montados diametralmente opostos, ao redor do Joystick, com a cor de cada par acendendo de acordo ao sentido de acionamento da chave.

O joystick possui internamente quatro interruptores do tipo normalmente aberto. Quando acionados, fecham o circuito e permitem a passagem da corrente elétrica que alimentará os LEDs, cujos resistores foram soldados a estes terminais.

Cada um dos interruptores internos do *joystick* controla quatro cores ao mesmo tempo (duas vermelhas e duas azuis). Por exemplo: com a chave acionada para cima, que corresponde à posição 1, dois LEDs azuis acenderão e, ao mesmo tempo, dois LEDs vermelhos também acenderão, representando o movimento de se aproximar e se afastar da fonte luminosa do efeito Doppler.

Logo, é importante que os LEDs sejam corretamente identificados durante a montagem para facilitar sua localização no painel superior da caixa do Simulador.

Além destas interligações elétricas, que são a mais complexa de toda a montagem, pois delas dependerá a ordem correta de acendimento dos LEDs para exemplificar o efeito Doppler, existem as interligações elétricas do DIMMER ao Ferro de Soldar, que simulará a alta temperatura do início do BIG BANG.

Interligação dos componentes ao Joystick, visto de baixo, Figura 18. Detalhe do local dos LEDs na tampa nas Figura 19 e 23.

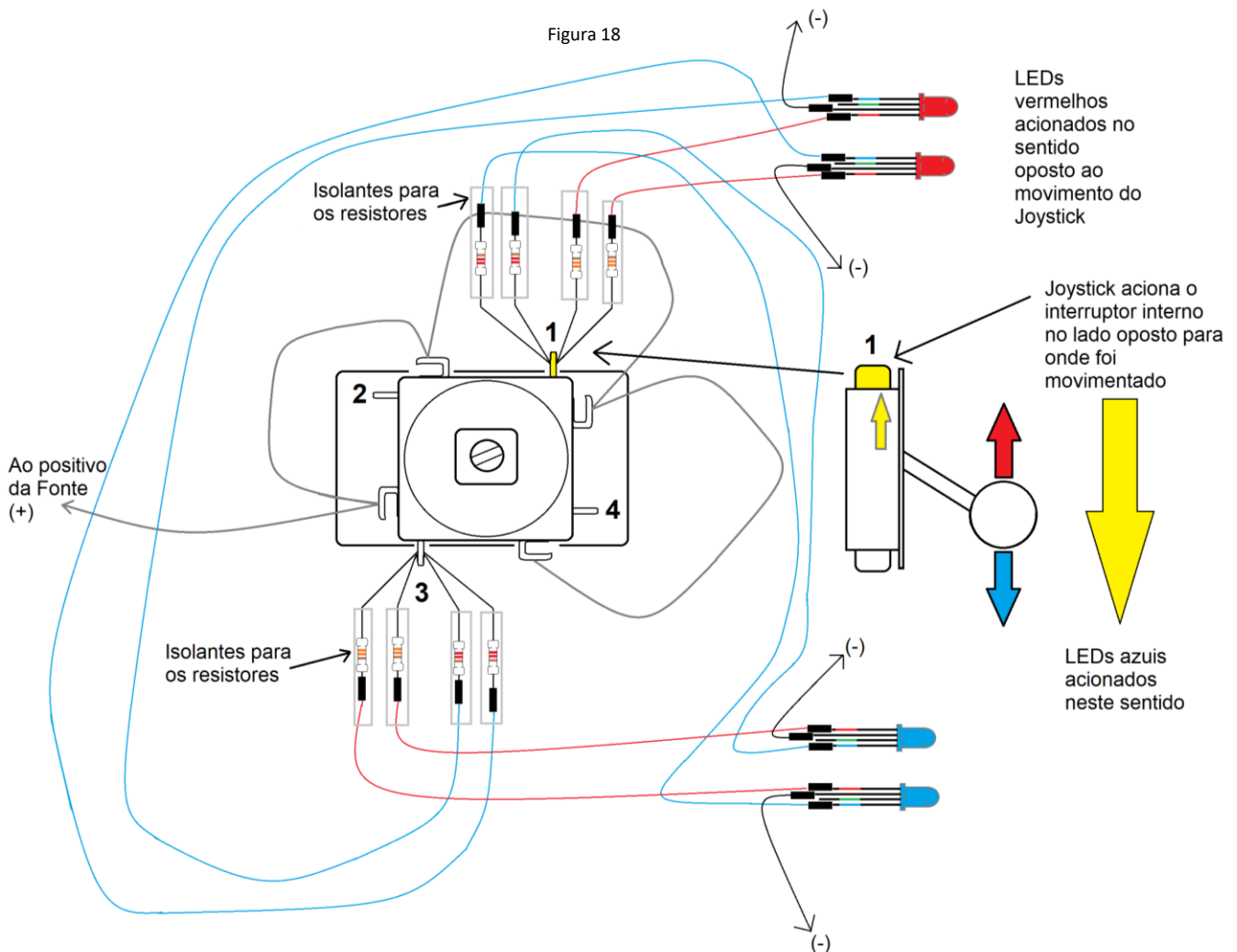
Para orientação da montagem, atribuímos numerações arbitrariamente aos pinos do joystick, vistos da parte inferior, de 1 a 4.

Nesta ilustração, para ficar mais clara a interligação dos diversos componentes, são exibidas apenas as ligações dos pinos numerados como 1 e 3. Imagine que o joystick, visto de cima, foi movimentado na direção do pino 3. Assim fazendo, acionará o **interruptor 1**, pois internamente, seu mecanismo fará o movimento nesta direção. Ao fechar a chave 1, os terminais dos LEDs sob seu comando acenderão: dois ligados aos terminais vermelhos e dois aos terminais azuis.

Estes LEDs serão posicionados fisicamente de modo que os LEDs vermelhos do PINO 1 fiquem no local mais afastado do movimento do Joystick e os LEDs azuis do PINO 1 fiquem instalados próximos ao local pra onde o movimento do Joystick foi acionado.

Desse modo, acenderá a cor AZUL dos LEDs ligados ao pino 1, ao mesmo tempo, acenderá a cor VERMELHA dos LEDs ligados ao pino 1, para ilustrar o Efeito Doppler do Efeito do Dipolo da RCFM .

Ligações equivalentes devem ser feitas nos pinos 2 e 4, obedecendo à mesma simetria.



MONTAGEM DOS COMPONENTES ELÉTRICOS DO SIMULADOR DE EFEITO DOPPLER

Soldar os componentes eletrônicos, resistores e LEDs, à chave do tipo *Joystick*, de acordo com o diagrama elétrico, Figura 16 e esquema da Figura 18, na sequência recomendada a seguir:

Cortar 24 pedaços de fio flexível 22 AWG, de 15cm, cada, desencapando as extremidades (oito pedaços azuis; oito pedaços vermelhos, oito pedaços pretos);

Soldar um terminal de cada resistor de 220Ω a um fio azul; repetir o processo nos resistores de 330Ω com os fios vermelhos;

Soldar os fios pretos aos terminais negativos dos LEDs RGB (catodo comum);

Soldar as extremidades dos fios azuis aos respectivos terminais do LED azul e soldar os fios vermelhos aos terminais referentes aos LEDs vermelhos;

Cortar canudos de plástico em 16 pedaços de 5cm cada, para servir de isolante dos resistores;

Antes de soldar os resistores à chave joystick, passar os fios pelos canudos isolantes;

Soldar os terminais livres dos resistores às posições da chave Joystick, observando que **cada chave normalmente aberta estará ligada a 4 resistores**: dois de 220Ω e dois de 330Ω ;

Soldar os outros polos de cada chave *joystick* entre si, utilizar fio vermelho, para interligação ao positivo da fonte de alimentação;

Soldar todos os fios pretos entre si, e interligá-los ao negativo da fonte de alimentação;

Conferir se todos os resistores estão isolados, para evitar curto-circuito;

Ligar a fonte de alimentação e verificar o acendimento alternado dos LEDs. Por exemplo: ao acionar o *joystick* para a posição 1, os LEDs RGB1 e RGB2 acenderão azuis e os LEDs RGB5 e RGB6 acenderão vermelhos; esta posição alternada deverá se repetir em relação às outras posições da chave;

Depois de preparada a estrutura da caixa, com a base e as laterais montadas, encaixar o *joystick* no furo correspondente na tampa superior e parafusá-lo;

Encaixar os LEDs aos furos da tampa superior – de acordo com a ordem de acendimento - e usar cola quente para fixá-los. Soldar os fios da fonte de alimentação 5 V ;

Encaixar o termômetro digital no local indicado, na tampa superior, passando o fio do sensor de temperatura no furo indicado;

RÉGUA DE ALIMENTAÇÃO AC: Conectar os fios da alimentação geral do Simulador à régua de tomadas AC, passando-os antes pelo furo lateral da placa externa, no local indicado atentando para não haver curto-circuito. Utilizar fita com trava para limitar o movimento do fio AC. Parafusar a tomada AC interna à tampa inferior (base) do Simulador;

Parafusar o *DIMMER* no local indicado na tampa superior e interligar a fiação ao FERRO DE SOLDAR e à tomada AC, conforme esquema elétrico da Figura 15 (com supervisão do professor). Conectar a fonte de 5 v dos LEDs à régua AC;

Figura 19

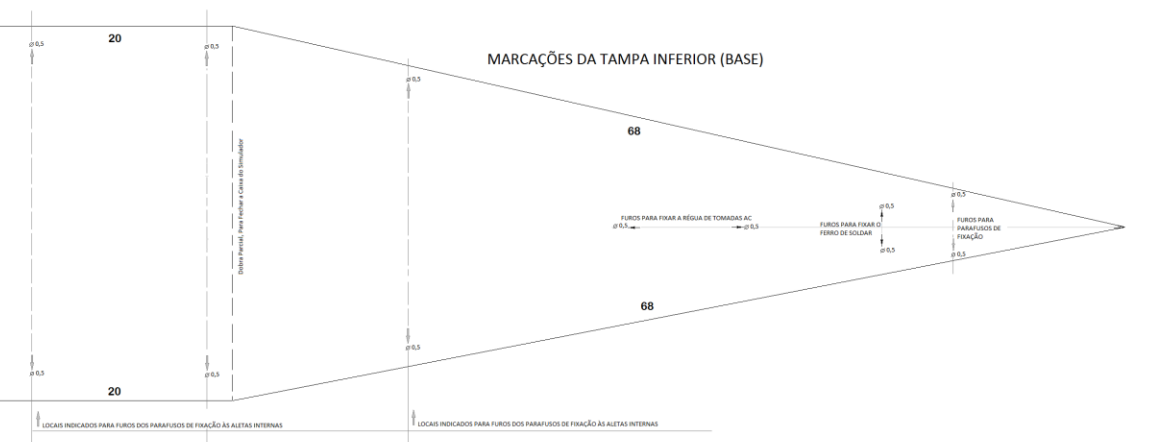
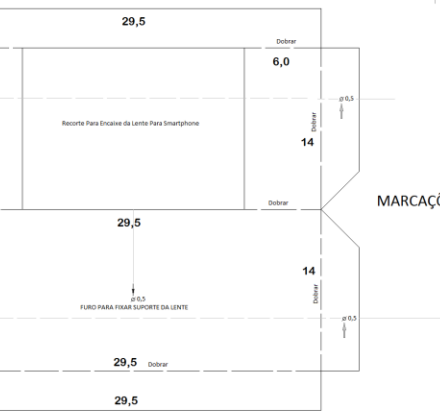
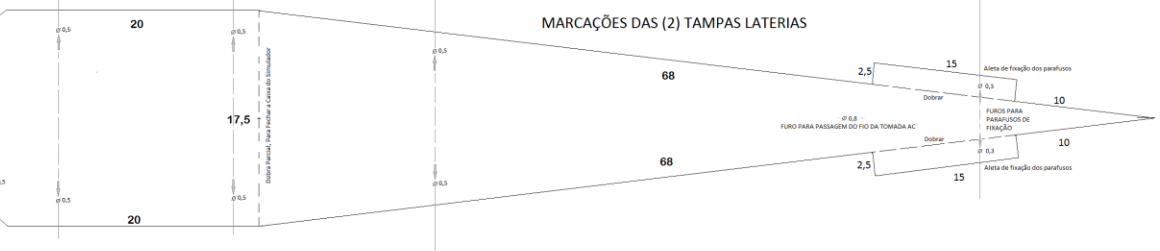
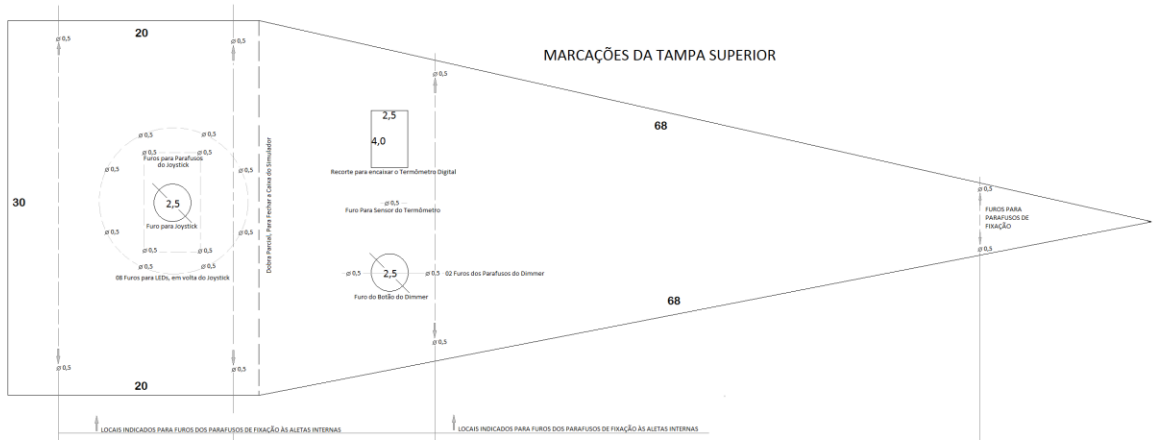


Diagrama de construção da caixa – montagem com folhas de eucatex. O painel frontal é feito com papel Paraná.

Esquemas de Montagem (fora de escala)

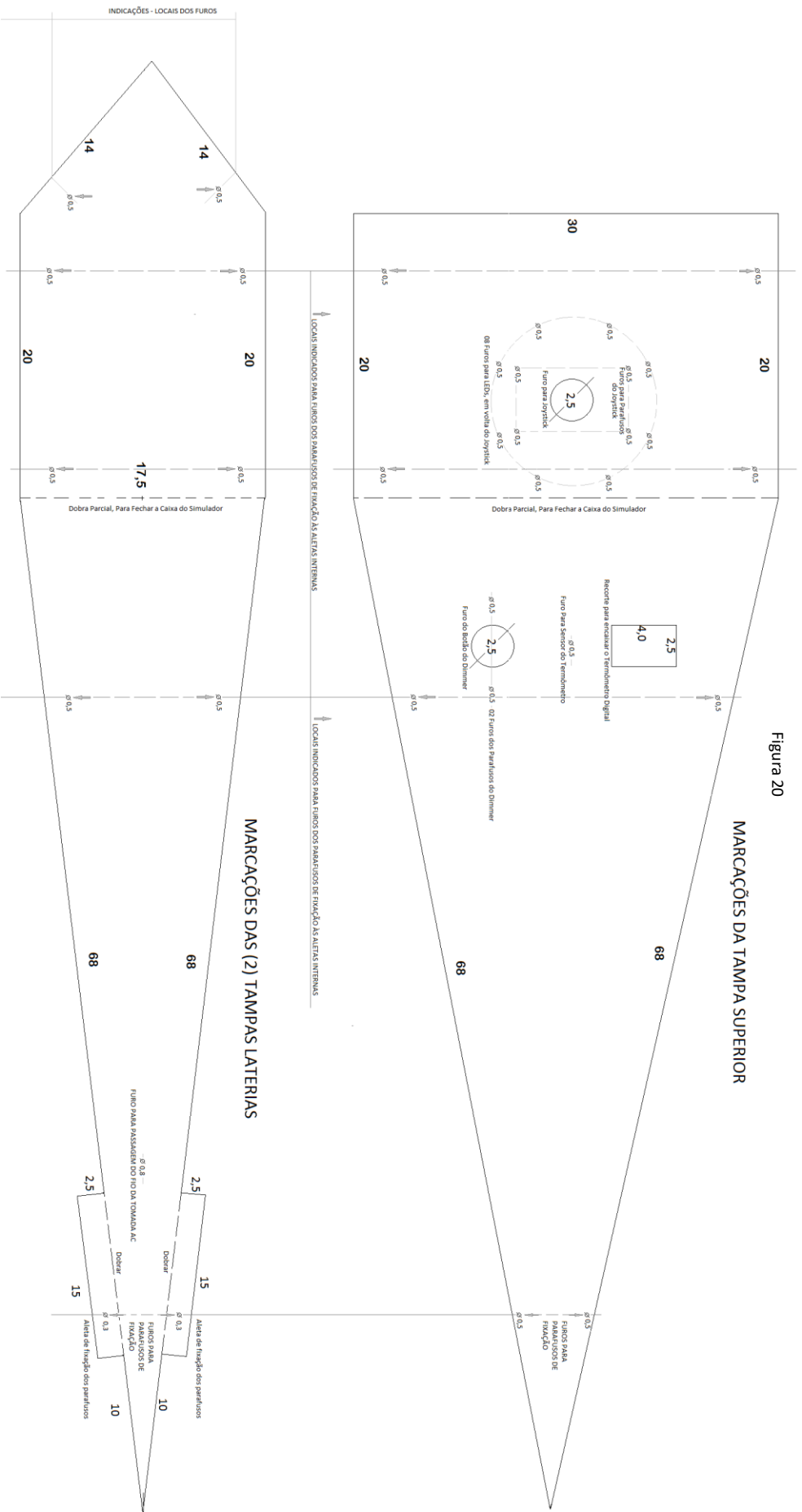


Figura 20

Diagrama de construção da caixa com os furos para instalar os componentes e as aletas da caixa

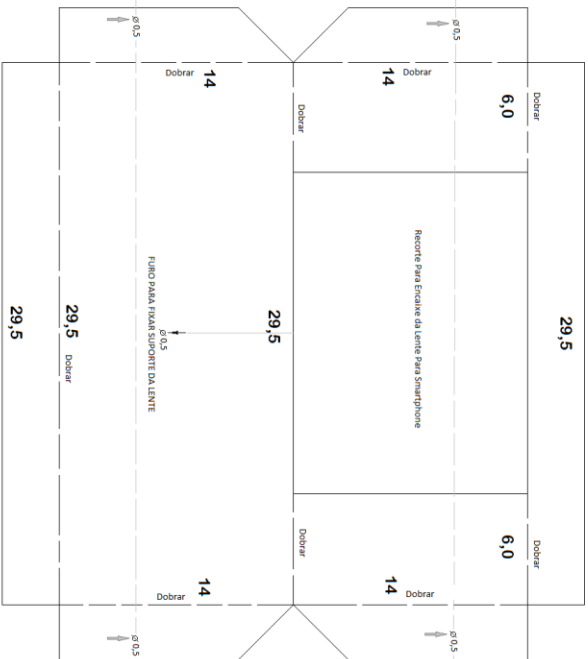


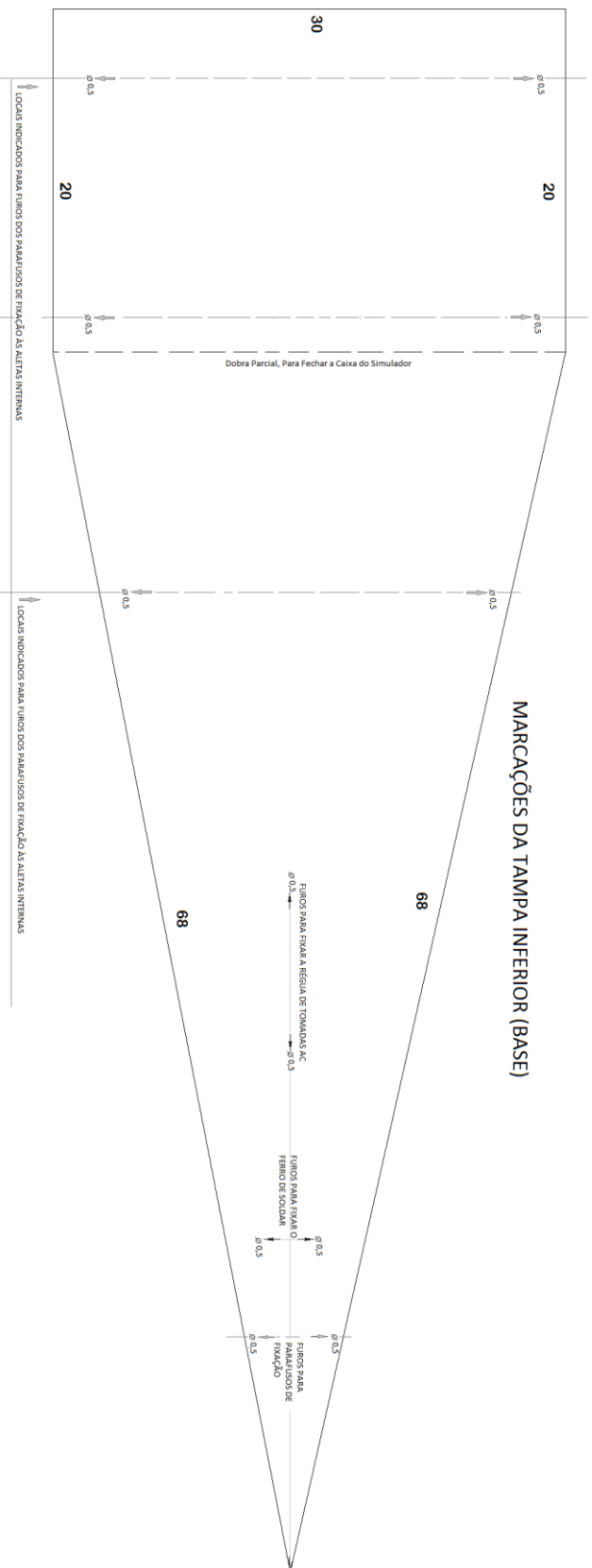
Figura 21

MARCAÇÕES DO PAINEL DA LENTE

Diagrama de localização de furos adicionais:

Tampa inferior: para a régua de tomadas AC que alimenta o ferro de soldar com o dimmer e a fonte dos LEDs; para prender o ferro de soldar com abraçadeiras;

Painel da lente: furo para prender a TELA MULTIMÍDIA.



MARCAÇÕES DA TAMPA INFERIOR (BASE)

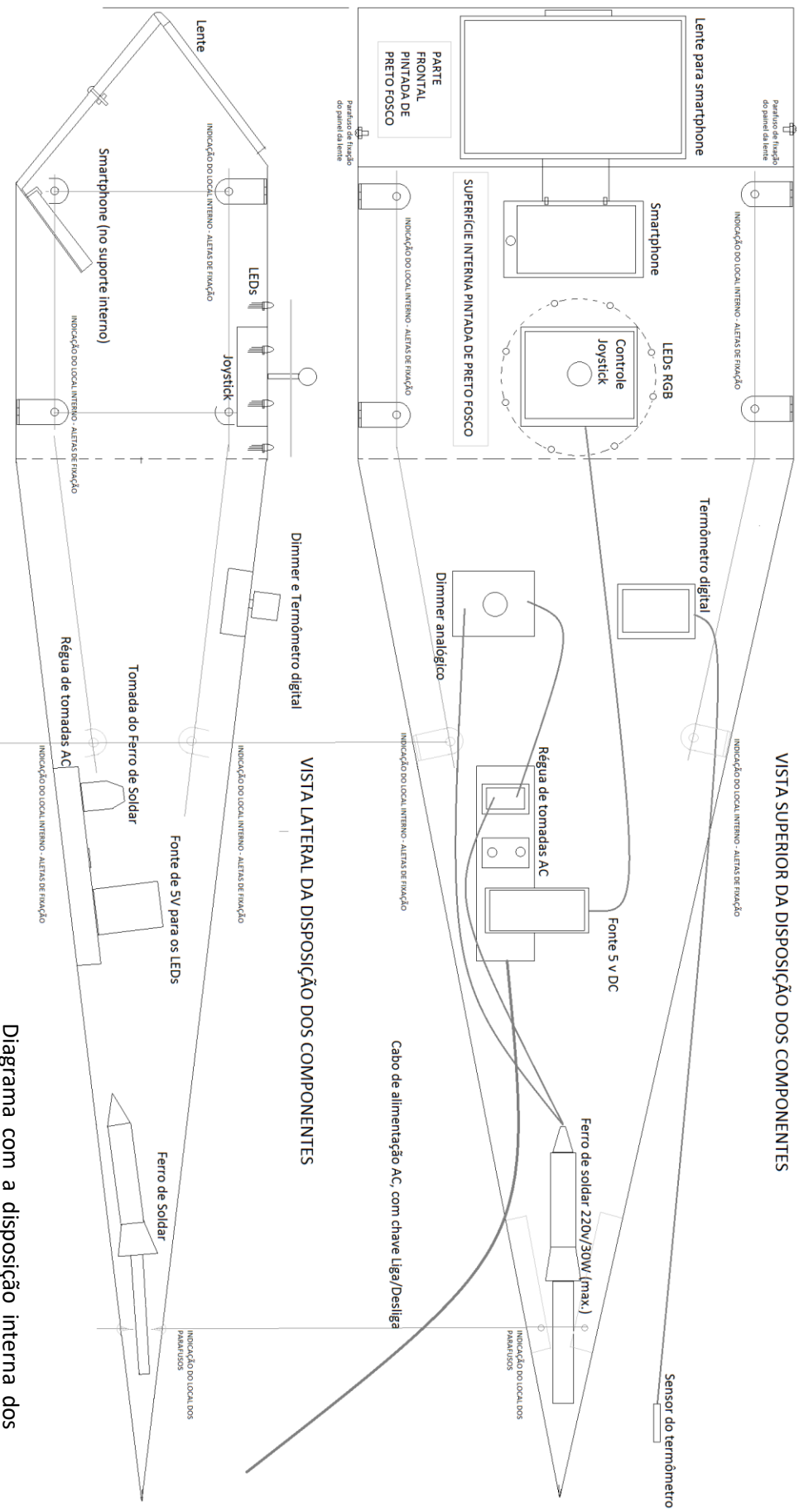
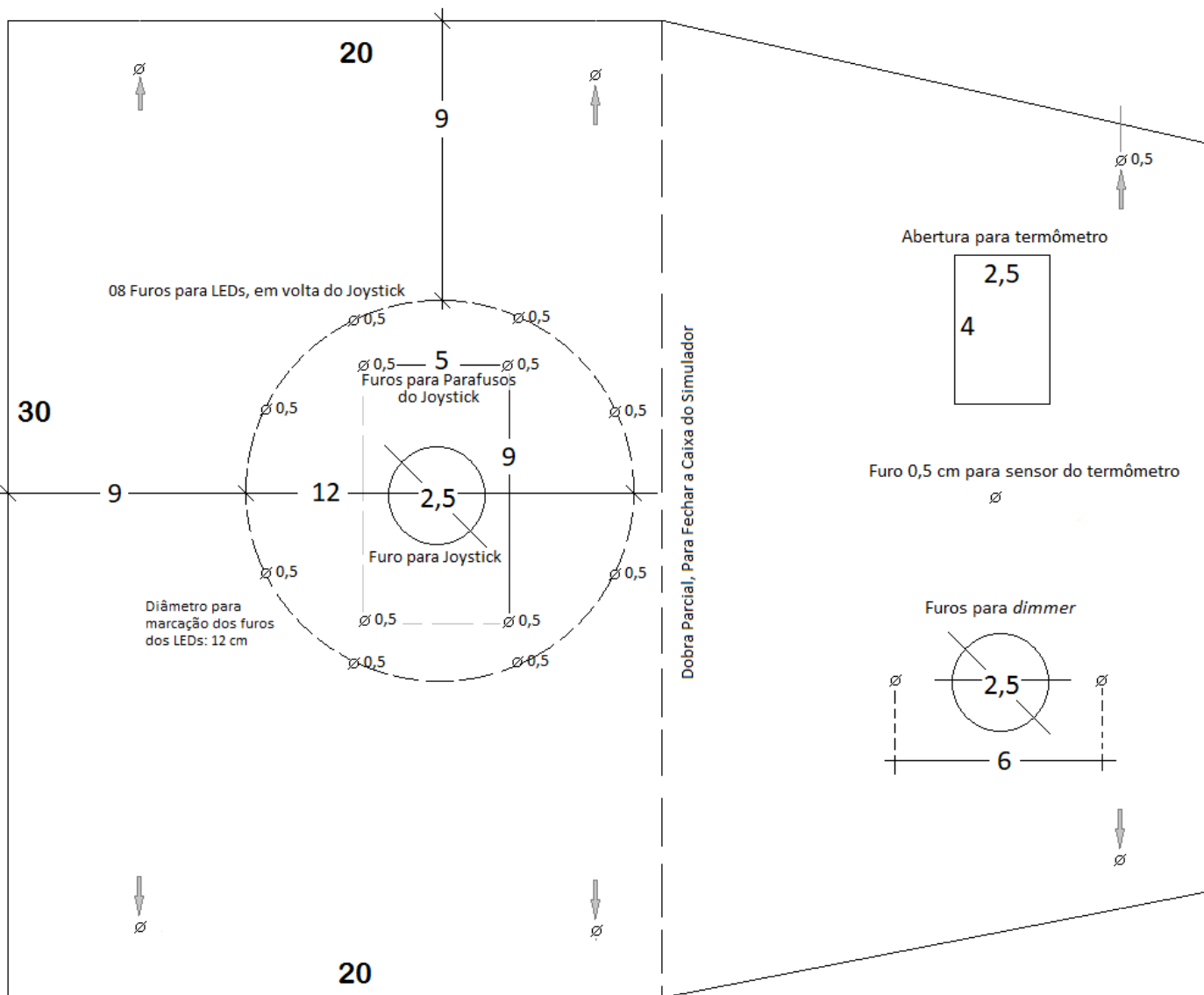


Figura 22

Diagrama com a disposição interna dos diversos componentes do simulador.

Figura 23



DETALHES DA TAMPA SUPERIOR

Localização do furo $\Phi 2,5$ cm para passagem do *joystick* e 4 furos de $\Phi 0,5$ cm para prendê-lo na tampa superior;

Detalhe da localização dos 8 furos de $\Phi 0,5$ cm para os LEDs RGB em torno do *joystick*.

Abertura de $\Phi 2,5$ por $\Phi 4$ cm para o termômetro digital e furo de $\Phi 0,5$ cm para o sensor de temperatura;

Furos de $\Phi 2,5$ cm e $\Phi 0,5$ cm para o *dimmer*.

Procedimentos de montagem da caixa

Solicitar no comércio local o serviço de fornecimento e de corte das folhas de Eucatex nas formas geométricas detalhadas nas Figuras 19, 20 e 21, para a tampa superior e inferior e laterais. Linhas pontilhadas são locais onde haverá alguma dobra. Figura 24 com folhas cortadas;

Alternativamente, em lugar do Eucatex as tampas podem ser feitas com o papel paraná. O protótipo mostrado nas fotos foi construído com Eucatex nas tampas superior e inferior e papel paraná nas laterais;

O painel frontal para a lente da tela multimídia é feito com papel paraná, por ser relativamente mais fácil de dobrar;

Marcar e perfurar com furadeira e brocas apropriadas, as peças da caixa que compõem as tampas superior, inferior e as laterais. São furos para os locais indicados onde serão afixados os parafusos com a “união chata em L”, detalhe na Figura 25;

No protótipo, foi utilizada broca de $\frac{1}{4}$ de polegada – mas deve-se utilizar a broca equivalente ao parafuso utilizado. Os parafusos fixaro as tampas superior e laterais por meio das aletas metálicas em “L”, instaladas internamente. Os parafusos são fixados com porcas e arruelas;

Para os furos laterais e superiores, em que serão utilizadas as aletas metálicas formadas pelas cantoneiras metálicas, internas em “L” (união chata em L), recomenda-se fazer a marcao internamente, utilizando lápis para indicar a localizao dos furos e conferir a posio para que, após fechada, a caixa tenha o formato correto – Caixa completa na Figura XX;

Dois furos das aletas de fixao dos parafusos, nas placas laterais, são de $\frac{1}{8}$ de polegada, pois nestes pontos serão utilizados parafusos auto atarrachantes, pois não será possível o uso de parafusos com porcas, por limitao de espaço;

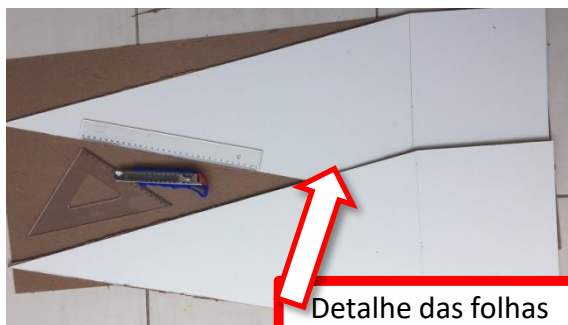
Conferir as peças;

Juntar e parafusar as peças, começando pela base e interligando-a às laterais;

Recortar os espaços indicados para a lente do *smartphone* e para o termômetro;

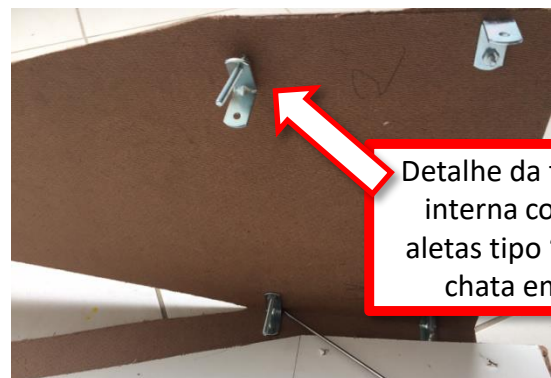
Nos locais indicados em que haverá dobra, fazer sulco com o estilete para facilitar a dobra da placa de papel;

Figura 24



Detalhe das folhas de Eucatex no formato das tampas superior e inferior

Figura 25



Detalhe da fixao interna com as aletas tipo “união chata em L”

Procedimentos de montagem da caixa

Observar que dois furos nas aletas das placas laterais são para parafusos de 1/8 de polegada, pois nestes pontos serão utilizados parafusos auto atarrachantes. Neste local, na parte de menor dimensão da caixa, não será possível o uso de parafusos com porcas, por limitação de espaço, Figura 26;

Para os furos da Tampa superior, orientar-se pelas Figuras 19, 20 e detalhe das posições dos LEDs em torno do Joystick, na Figura 27;

Recortar os espaços indicados para o termômetro e furos maiores para o *joystick* e *dimmer*;
Para o termômetro, é necessária uma abertura de acordo com o modelo usado, no protótipo foi realizada abertura de 2,5 por 4 cm, Figura 23;

Figura 26



Para o painel da lente da tela multimídia, desenhar e recortar o formato da Figura 21, no papel paraná;

Posteriormente, este painel foi pintado de preto para melhorar o contraste de exibição de imagem ampliada do celular;

Detalhe da transferência do desenho, Figura 28;

Figura 27

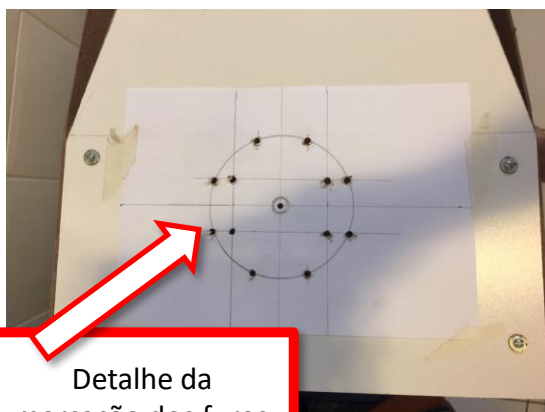
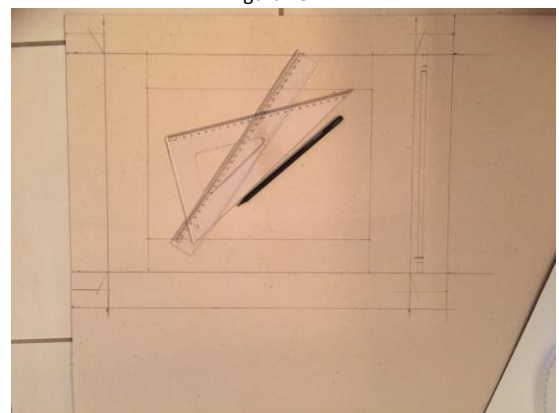


Figura 28



Procedimentos de montagem da caixa

Na Figura 29, detalhes da caixa com os furos para os LEDs, *joystick* e termômetro, com os parafusos presos às tampas laterais. Também é possível ver as aletas da parte menor da caixa em que serão presos parafusos atarrachantes;

Na figura 30, o interior da caixa, na parte frontal é pintado de preto para melhorar o contraste de exibição da imagem da tela do celular. Também é possível ver o painel da lente da tela multimídia, que depois também foi pintado de preto, Figura 31;

Também na Figura 31, a lente da tela multimídia já afixada com um parafuso no painel frontal, pintado de preto.

Figura 29

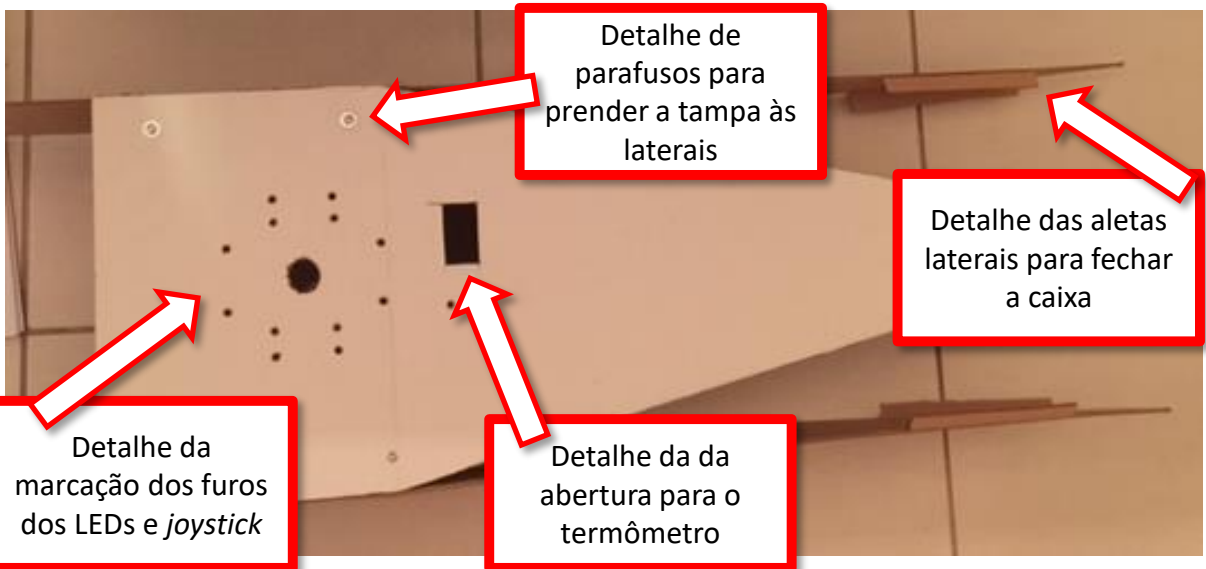
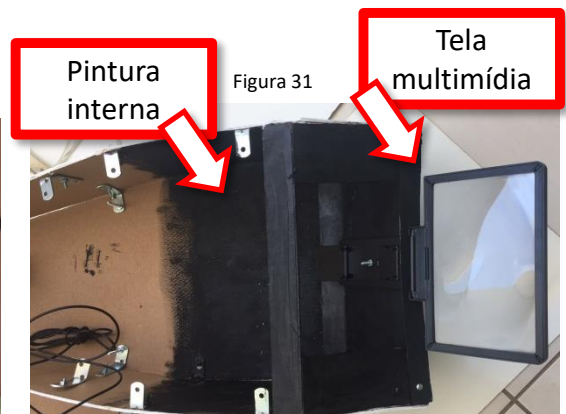


Figura 30

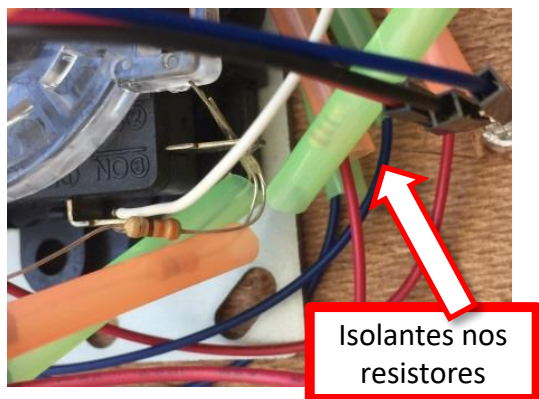


Figura 31



Procedimentos de montagem dos eletrônicos

Figura 32



Na Figura 32, detalhe da interligação dos resistores ao joystick, utilizando canudos de refrigerante para isolar cada componente, evitando contatos elétricos indesejáveis;

Por se tratar de um protótipo, foram utilizados fios “jumper” e uma placa *protoboard*, mas numa montagem definitiva, recomenda-se a soldagem de cada terminal, para evitar maus-contatos;

Na Figura 33, detalhe do termômetro instalado na tampa superior, do *dimmer*, aparafusado à tampa e do Joystick, com os diversos fios “jumper e os LEDs”;

O aspecto confuso dos fios na montagem pode ser minimizado se forem utilizadas abraçadeiras plásticas para prender os fios de acordo com cada LED. No protótipo montado, este recurso não foi utilizado.

Figura 33

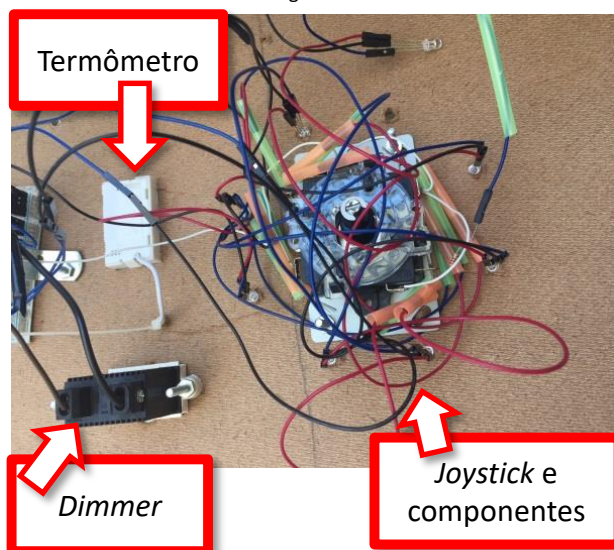
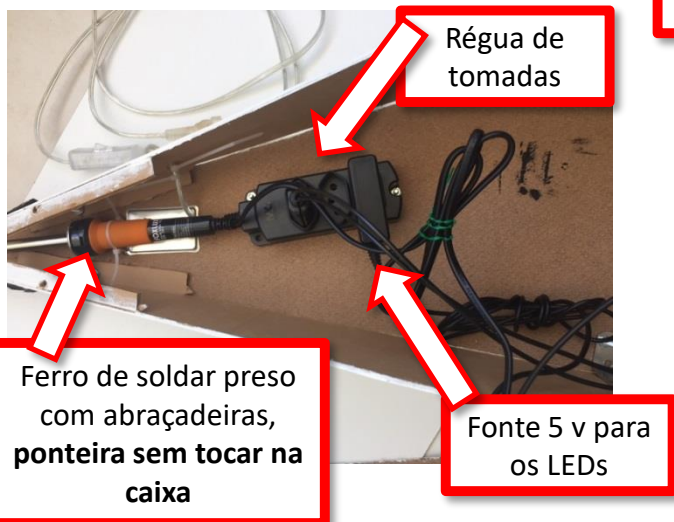


Figura 34



Na Figura 34, detalhe da instalação do ferro de soldar, cuja parte metálica que gera calor, não deve tocar na caixa;

Régua de tomadas para alimentação do ferro e do *dimmer* e da fonte de 5 v para os LEDs.

Para o detalhe da simulação do Efeito Doppler e Dipolo, é necessário editar as imagens das Figuras 4 e 5 para que tenham 12 cm de diâmetro e imprimi-las, em papel de 180 g/m. Recortar e perfurar o centro, de modo que o eixo do *joystick* fique centralizado na imagem, Figuras 35 e 36;

Na Figura 36, após conclusão da montagem, detalhe da tela multimídia ampliando a imagem de um celular localizado no interior da caixa, exibindo o vídeo “Radiação Cósmica de Fundo”, disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=uxHool2zXhY> >;

Na Figura 37, uma imagem para ser impressa e colada nas tampas laterais do Simulador da RCFM , indicando algumas épocas da evolução do Universo até o presente, quando captamos a RCFM.

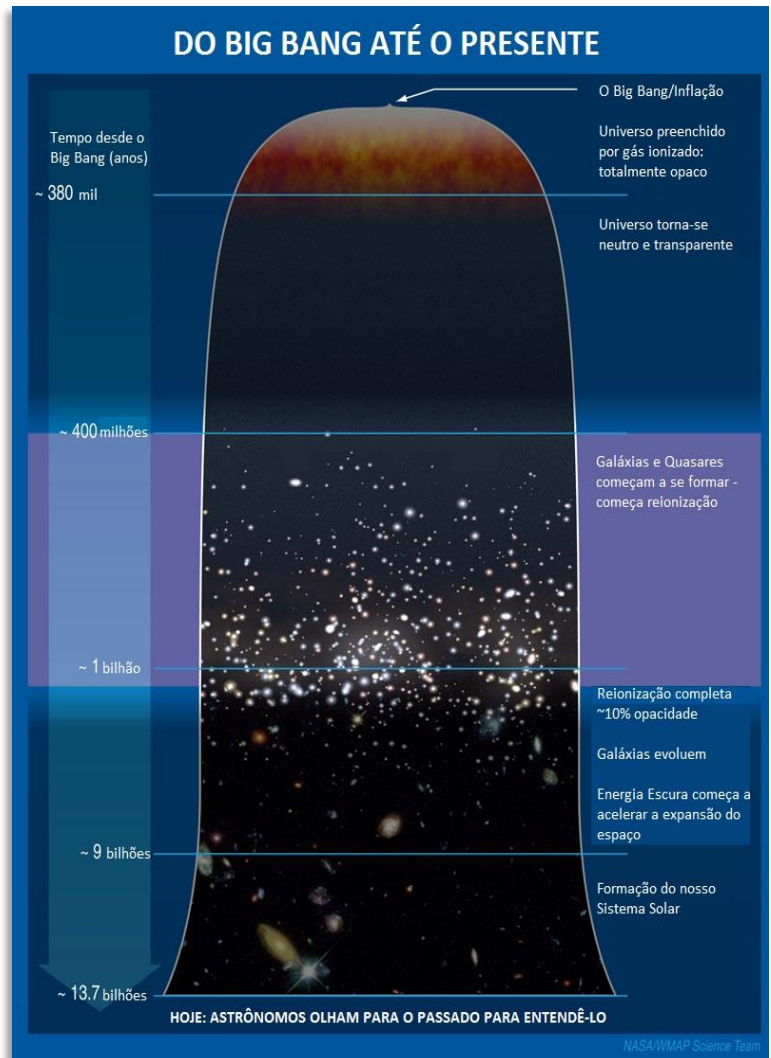
Figura 35



Figura 36



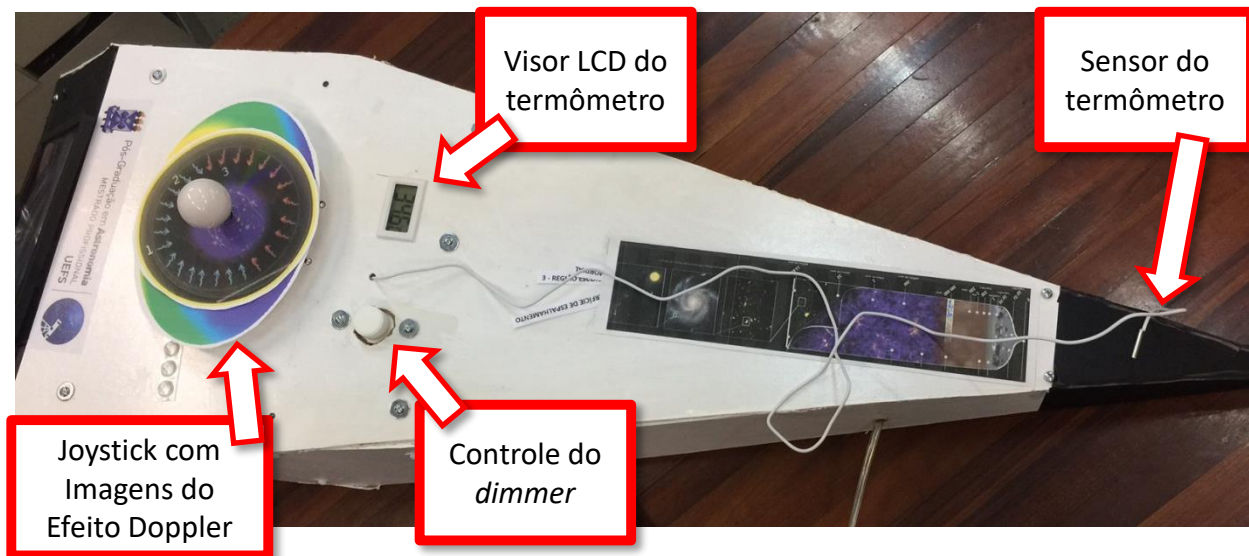
Figura 37



Fonte: Adaptado da NASA/WMAP

Teste de funcionamento

Figura 38



PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA:

Após cada etapa da montagem, conferir todos os detalhes, em especial as interligações elétricas;

Cuidados especiais com as interligações elétricas da tomadas AC 110 V. A interligação do ferro de soldar exigirá cuidados com a fiação da tomada original que deverá ser desfeita para interligação do *dimmer*. **Interligações elétricas devem ser acompanhadas pelo professor.**

Não deve-se deixar o artefato ligado indefinidamente na tomada, nem ajustar a temperatura para valores altos por muito tempo;

Manter o controle do *dimmer* desligado, se não usar o dispositivo;

O *smartphone* e o termômetro digital funcionam com bateria interna;

Ao ligar a chave da tomada geral, os LEDs não devem acender. Só acenderão quando a chave do *joystick* for acionada para alguma direção. Testar todas as direções;

Como o *dimmer* ligado, aumentar gradativamente a temperatura e aproximar o sensor do termômetro do vértice da caixa. Aguardar alguns minutos para que a variação de temperatura seja percebida;

O celular deve ser posicionado no suporte da tela multimídia que já é dimensionado para que esteja no foco da lente. Salvar vídeos e exibir, testando o volume do som e a luminosidade da tela.

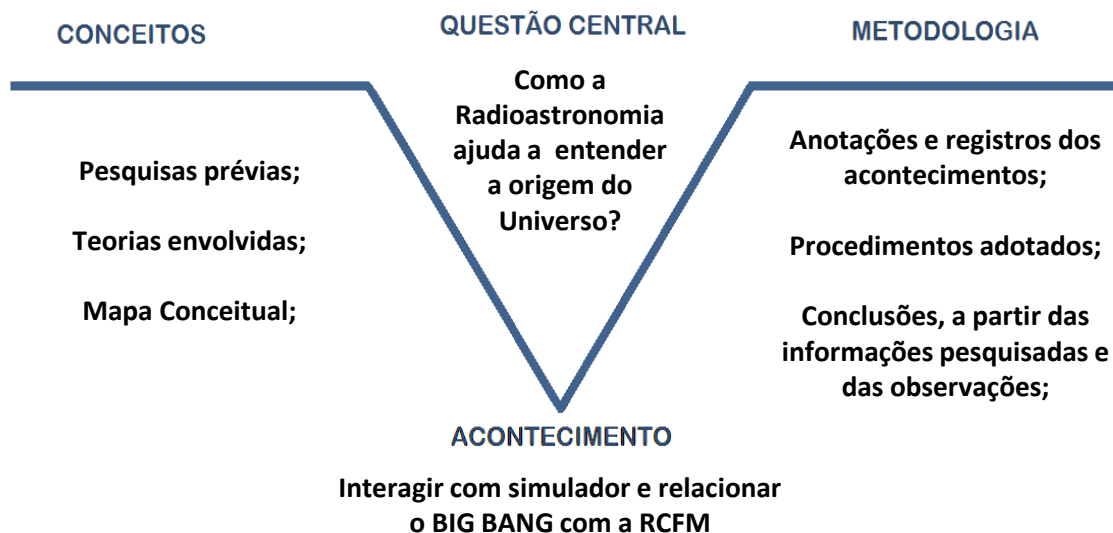
Procedimento Experimental

Após concluída a montagem, com a supervisão do professor e participação dos estudantes, realizar experimentos e observações com base nos conhecimentos prévios e novos conhecimentos adquiridos.

Deve-se incentivar a observação, análise e registro do que acontece no experimento, com o Diagrama em Vê como referência da atitude investigativa. Resgatar as pesquisas realizadas e o Mapa Conceitual.

No exemplo abaixo, sugerimos uma questão central, mas outras podem ser adotadas.

Figura 39



Uma das teorias mais aceitas sobre a origem do Universo é a Teoria do Big Bang...

Se hoje percebemos o Universo como uma estrutura em expansão, por meio da grande quantidade de galáxias distantes que apresentam desvio para o vermelho nas medidas das linhas espectrográficas de suas emissões, podemos admitir que, no passado, estas galáxias estavam mais próximas.

No limite, voltando o tempo, os cientistas calcularam que, há cerca de 14 bilhões de anos, toda a matéria que compõe o Universo estava muito mais próxima do que no presente e a densidade era muito mais elevada, elevando também a temperatura.

Para ilustrar esta situação, analisar como o Simulador da RCFM contempla alguns aspectos da teoria atualmente mais aceita sobre o BIG BANG.

DATASHOW: Exibir imagens e vídeos referentes às pesquisas de Penzias e Wilson;

ESTUDANTES: Pesquisar e editar vídeos para exibição no Simulador RCFM.

Interagir com a estrutura do simulador e analisar, observar e registrar o que acontece em seus elementos.

O que é a radiação cósmica de fundo em micro-ondas - RCFM?

Que evento importante na história do Universo produziu a RCFM?

Observar o comportamento dos LEDs com a manipulação do joystick e relacionar com o efeito Doppler. Na Figura abaixo, o joystick foi caionado na direção dos LEDs azuis e afastado dos LEDs vermelhos. Em comparação com a ilustração setas azuis e vermelhas):

O que representa o acendimento dos LEDs Azuis?

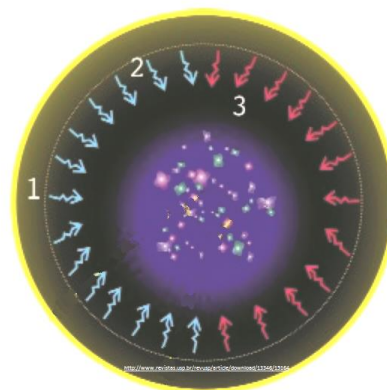
E os LEDs vermelhos?

Comparar com a imagem B e explicar o Efeito Dipolo.

Imagem A:
Simulação do Efeito Doppler



Imagem B:
Efeito Dipolo



1 - PLASMA PRIMORDIAL 2- SUPERFÍCIE DE ESPALHAMENTO 3 - REGIÃO ESCURA

Procedimento Experimental

Sabe-se que a potência de sinal captado por uma antena pode ser dada em termos correspondentes a temperatura. Esta relação é dada por:

$$p_A = k T_A B$$

onde k é a constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ joules/kelvin); T_A é a temperatura da antena (ou do resistor equivalente à antena), B é a largura de faixa (ou banda) do sinal recebido pela antena, em Hz.

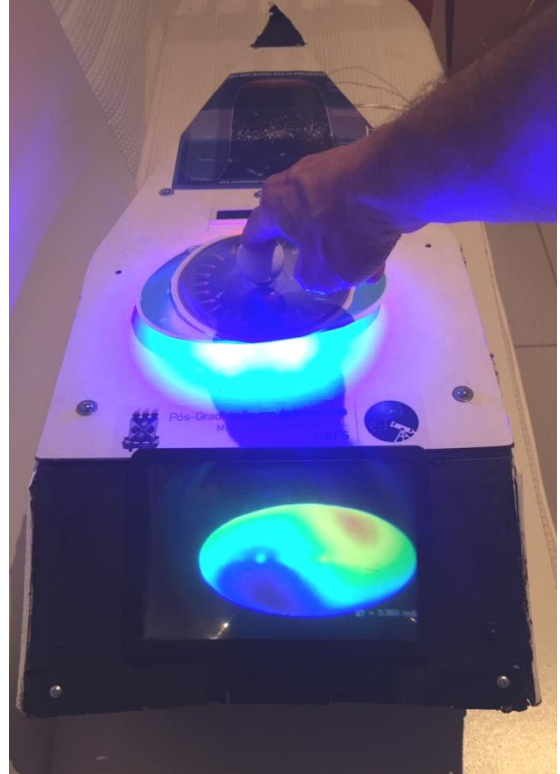
Um receptor de TV possui uma antena cuja impedância é de 75 ohm e está perfeitamente casada com os terminais do aparelho. Imaginemos que a antena foi substituída por um resistor de mesmo valor, 75 ohm, que está à temperatura ambiente, 25 °C. Qual a potência de ruído que a TV receberá do resistor? Deve-se considerar que o canal de TV ocupa uma faixa de 6 MHz. (ver FLAGG, p. 10-3).

Como este comportamento se relaciona à Radioastronomia?

Além de simular o efeito Doppler, a tela de exibição de vídeos pode ser utilizada para ilustrar aspectos da teoria do BIG BANG.

Vídeos podem ser produzidos pelos próprios estudantes para exibição no Produto Educacional.

Na imagem ao lado, em exibição detalhe da imagem representando o Efeito dipolo, ao mesmo tempo em que o efeito doppler é simulado no joystick.

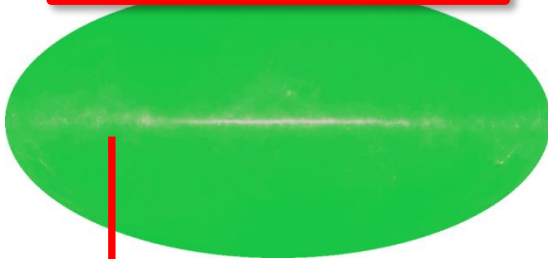


Procedimento Experimental

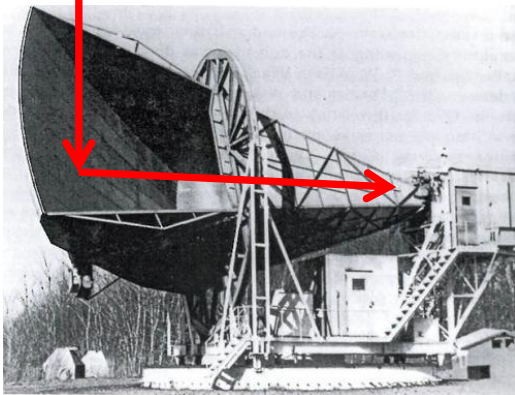
Penzias e Wilson utilizaram no começo dos anos 1960 uma antena de micro-ondas do tipo corneta. Com esta antena perceberam o excesso de ruído que foi atribuído à radiação residual da origem do Universo. Se eles tivessem mapeado todo o céu com aquela antena e convertido os dados em imagens, teríamos uma visão como a simulação da **Figura da Situação A**.

Com a tecnologia atual, o mapeamento pôde descartar a interferência da Via Láctea e medir diferenças mínimas de temperatura no sinal recebido, ver **Figura da Situação B**

Situação A



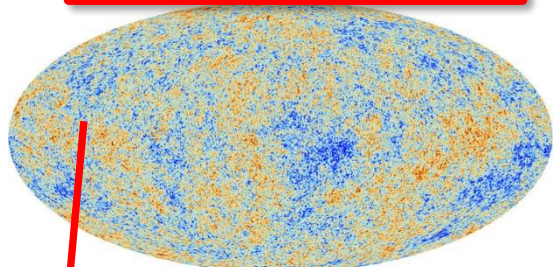
Fonte: Adaptado de <https://wmap.gsfc.nasa.gov/media/030635/index.html>



Fonte: Bell Labs

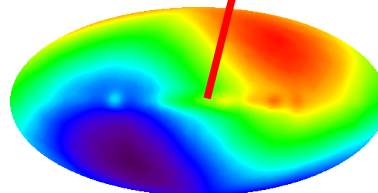
Mapa do céu simulado, se fosse realizado com a antena acima

Situação B



Fonte: Adaptado de http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2013/03/Planck_CMB

Simulador da RCFM



Variar temperatura e converter °C para K

Fonte: Adaptado de https://wmap.gsfc.nasa.gov/media/ContentMedia/dmr_1.gif

O **Simulador da RCFM** reúne alguns elementos que devem ser explicados pelos estudantes, que devem ter realizado pesquisas prévias: anisotropias, efeito dipolo, temperatura dos primórdios do Universo e sua progressiva diminuição à medida em que o tempo avançava e o Universo se expandia. Na **Situação B**, as anisotropias puderam ser medidas com grande precisão.

Procedimento Experimental

Penzias e Wilson tentaram diminuir o excesso de ruído captado pela antena com a qual recebiam sinais de micro-ondas.

Alguns receptores atuais utilizados na pesquisa da RCFM são os bolométricos, que convertem a energia de micro-ondas em calor, a temperatura medida dá indícios da radiação em função da curva do corpo negro, esperada para aquele comprimento de onda.

Se o termômetro utilizado neste experimento fosse um sensor bolométrico de uma antena de radiotelescópio, como poderíamos isolá-lo das interferências adjacentes de sinais indesejáveis e utilizá-lo como se fosse uma antena com um receptor?



Outra abordagem proposta, inspirada na imagem “Página de Colorir” (tradução livre) de uma atividade do endereço: http://www.universeadventure.org/big_bang/cmb-discovery.htm (Copyright © 2005 Lawrence Berkeley National Laboratory Physics Division).

Os estudantes, um por vez, sequencialmente, devem ajustar valores aleatórios de temperatura no *Dimmer*. Os valores serão medidos pelos outros estudantes. Devem ser convertidas de valores em graus Celsius para Kelvin, nas faixas correspondentes a cada nível da anisotropia simulada pré-definido. Com esta informação, pintar a área correspondente ao mapa, numerado, na cor correspondente da tabela ao lado. Repetir o processo até completar o mapa.

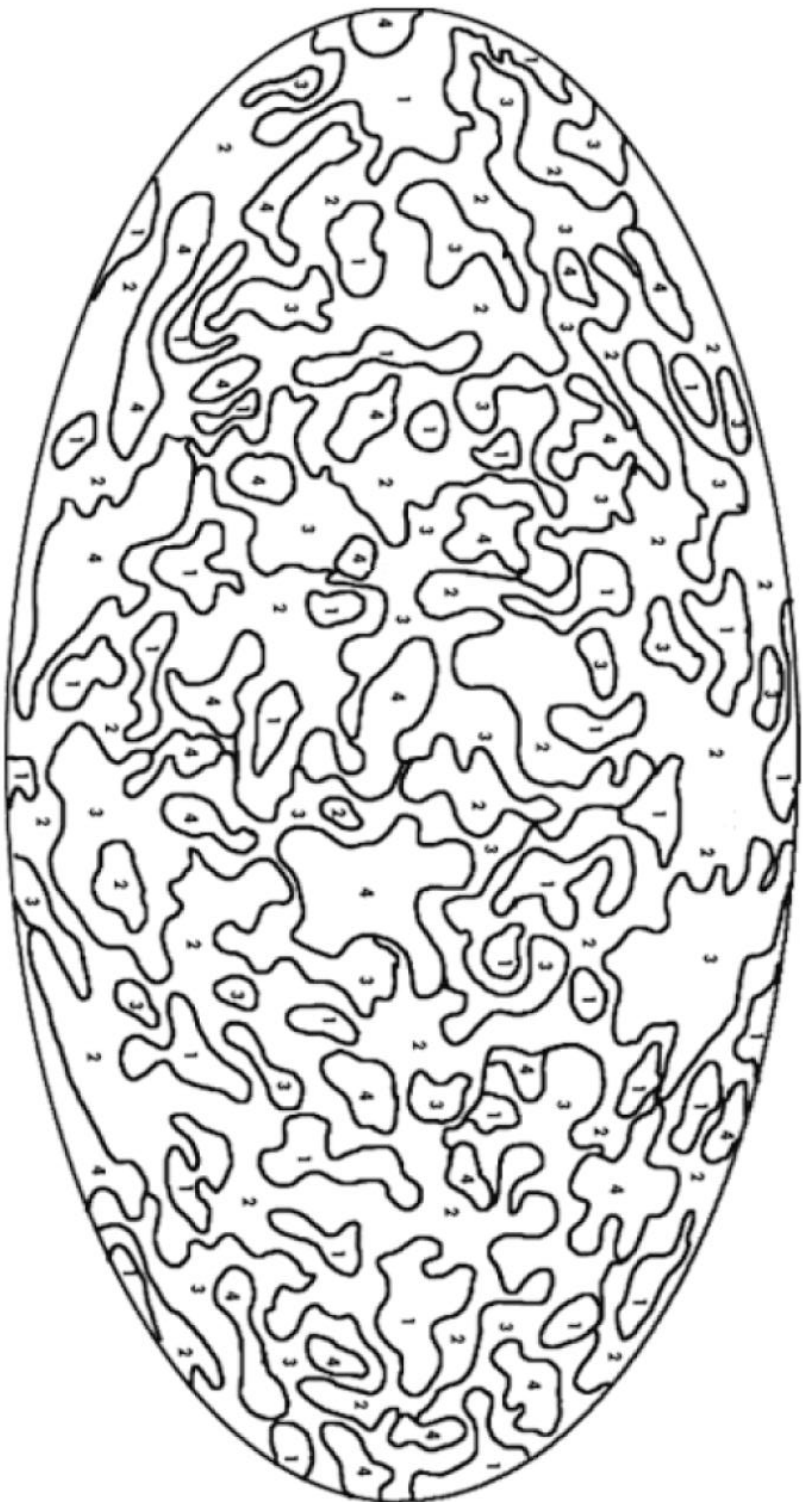
A temperatura mínima pode ser obtida com água gelada.

	FAIXAS
1	< 288,15 K Temperatura mínima, maior densidade de matéria
2	288,15 K a 298,15 K Fria, densidade média alta
3	298,15 K a 313,15 K Morna, densidade média-baixa
4	> 313,15 K Mais quente, densidade mais baixa

RCFM - PÁGINA DE COLORIR

Autoria: http://bccp.berkeley.edu/o/Academy/Workshop08/08%20PDS/CMB_Kerrigan.pdf

- 1 - Temperatura mais fria, maior densidade
- 2 - Temperatura fria, densidade média-alta
- 3 - Temperatura morna, densidade média-baixa
- 4 - Temperatura mais quente, densidade mais baixa



Fonte: Adaptado de http://www.universeadventure.org/big_bang/cmb-discovery.htm

Sugestão de leitura:

VILLELA, T.; FERREIRA, I.; WUENSCHÉ, C. A. **Cosmologia observacional: a radiação cósmica de fundo em micro-ondas**. REVISTA USP, São Paulo, n.62, p. 104-115, junho/agosto 2004.

<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13346/15164> .

The Universe Adventure. Cosmic Microwave Background Radiation. Disponível em:

http://www.universeadventure.org/big_bang/cmb-discovery.htm

http://www.universeadventure.org/big_bang/cmb-origins.htm

Links educacionais da WMAP:

<https://wmap.gsfc.nasa.gov/resources/edlinks.html>

Vídeos:

“Radiação cósmica de fundo”. Crédito: Ciência 2.0. Universidade do Porto. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=uxHool2zXhY>

Céu da Semana Ep. #276 - Radiação Cósmica de Fundo - 22 a 28/02/2016. Crédito: Labi UFScar. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=ykN6RUB9b4s>

Sondas espaciais:

COBE - <https://science.nasa.gov/missions/cobe>

WMAP - <https://map.gsfc.nasa.gov/>

PLANCK - <http://planck.caltech.edu/index.html>

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Plátano. 2003.
- BRASIL. **PCN+: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>
- BURKE, B. F.; GRAHAM-SMITH, F. **An introduction to radio astronomy**. Second edition. Cambridge University Press. 2002
- BURNELL BELL, J. S. **Little Green Men, White Dwarfs or Pulsars?** Cosmic Search: Issue 1, (Volume 1 Number 1; January 1979). Disponível em (a partir da página 16 do arquivo pdf): <http://www.bigear.org/CSMO/PDF/CS01/cs01all.pdf>
- CARUSO, F.; OGURI, V. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. LTC, 2016. 2ª edição.
- FAHIE, J. J. **A History of Wireless Telegraphy (2nd edition, revised)**, 1901, pages 176-261.
- FLAGG, R. S. **Listening to Jupiter: A Guide for the Amateur Radio Astronomer**. Second Edition. Radio-Sky Publishing. 2005.
- GILLISPIE, C. C. **Dicionário de biografias científicas**. Contraponto, 2007.
- ITU-R. **Recommendation ITU-R RA.314-10**. Preferred frequency bands for radio astronomical measurements. Disponível em: < https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/ra/R-REC-RA.314-10-200306-1!!PDF-E.pdf >.
- IVANISSEVICH, A.; WUENSHE, C. A.; ROCHA, J. F. V. **Astronomia Hoje**. 2010. Editora CNPQ.
- KELLERMANN, K. I. **Grote Reber's Observations on Cosmic Static**. Astrophysical Journal, Centennial Issue, Vol. 525C, p. 371-372. 1999. Disponível em < <http://adsabs.harvard.edu/full/1999ApJ...525C.371K> >. Acesso em 28/03/2017.
- LASHLEY, J. **The radio sky: and how to observe it**. Springer. 2010.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa – A teoria de David Ausubel**. Centauro. 2011.
- NOVAK, J. D. **Uma Teoria da Educação**. Biblioteca pioneira de Ciências Sociais. 1981.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender**. Plátano Edições Técnicas. 1984.
- RADIO JOVE. **Observing Jupiter Radio Storms: Past, Present, and Future**. Disponível em: <http://radiojove.gsfc.nasa.gov/class/educ/jupiter/emission/material/cmlio.htm>
- SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. **Princípios de Física, Volume 3: Eletromagnetismo**. São Paulo. Trilha. 2014.
- THIEMAN, J. e outros. **Radio JOVE Educational Activities and Lesson Plans**. 2001. NASA. Disponível em: http://radiojove.gsfc.nasa.gov/education/lesson_plans/lesson_toc.htm.
- UC BERKELEY. **The Universe Adventure. Cosmic Microwave Background Radiation**. Disponível em: http://www.universeadventure.org/big_bang/cmb-discovery.htm
- VILLELA, T.; FERREIRA, I.; WUENSCH, C. A.. **Cosmologia observacional: a radiação cósmica de fundo em micro-ondas**. REVISTA USP, São Paulo, n.62, p. 104-115, junho/agosto 2004. Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13346/15164> >.
- WILSON, T. L.; ROHLFS, K. R.; HÜTTEMEISTER, S. **Tools of Radio Astronomy**. Springer, Sixth Edition. 2013.
- ZHELEZNYAKOV, V. V. **Radio Emission of the sun and planets**. Pergamon Press. 1970. Disponível em: <<https://archive.org/details/RadioEmissionOfTheSunPlanets>>