

SIMULADORES EXPERIMENTAIS DE RADIOTELESCÓPIOS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NO NÍVEL MÉDIO

Roteiros de Construção e de Experimentos: Radioastronomia – Produtos Educacionais

MARCELO LAGO ARAÚJO

Orientadores: Germano Pinto Guedes
Marildo Geraldête Pereira



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
SIMULADOR DA RCFM.....	9
Introdução.....	10
Manual de Construção.....	14
Procedimento Experimental.....	33
Recursos Adicionais.....	39
Referências.....	40

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 ao produtos.

Quadro 1

PRODUTOS EDUCACIONAIS	Experimento de Hertz; Rádio de Galena Adaptado; Simulador de 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.

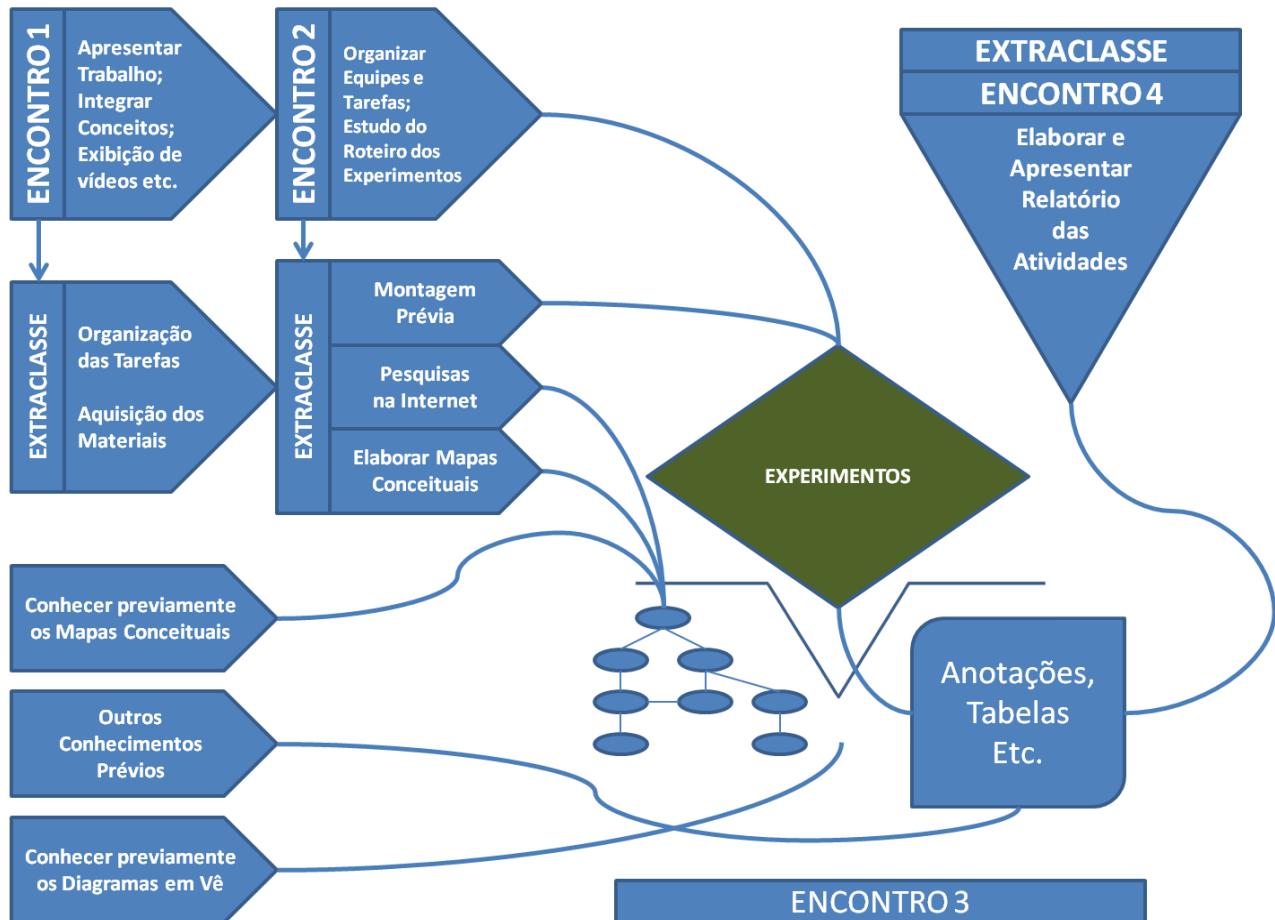
Ressalta-se que, caso os estudantes não estejam em um curso de perfil técnico, é possível que não conheçam os componentes eletrônicos utilizados. Porém, as informações (sobre LEDs, capacitores e indutores, por exemplo) presentes nos livros didáticos, associados às pesquisas na Internet, complementarão 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 devem 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 extraclasses, 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.

A RADIOASTRONOMIA

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:

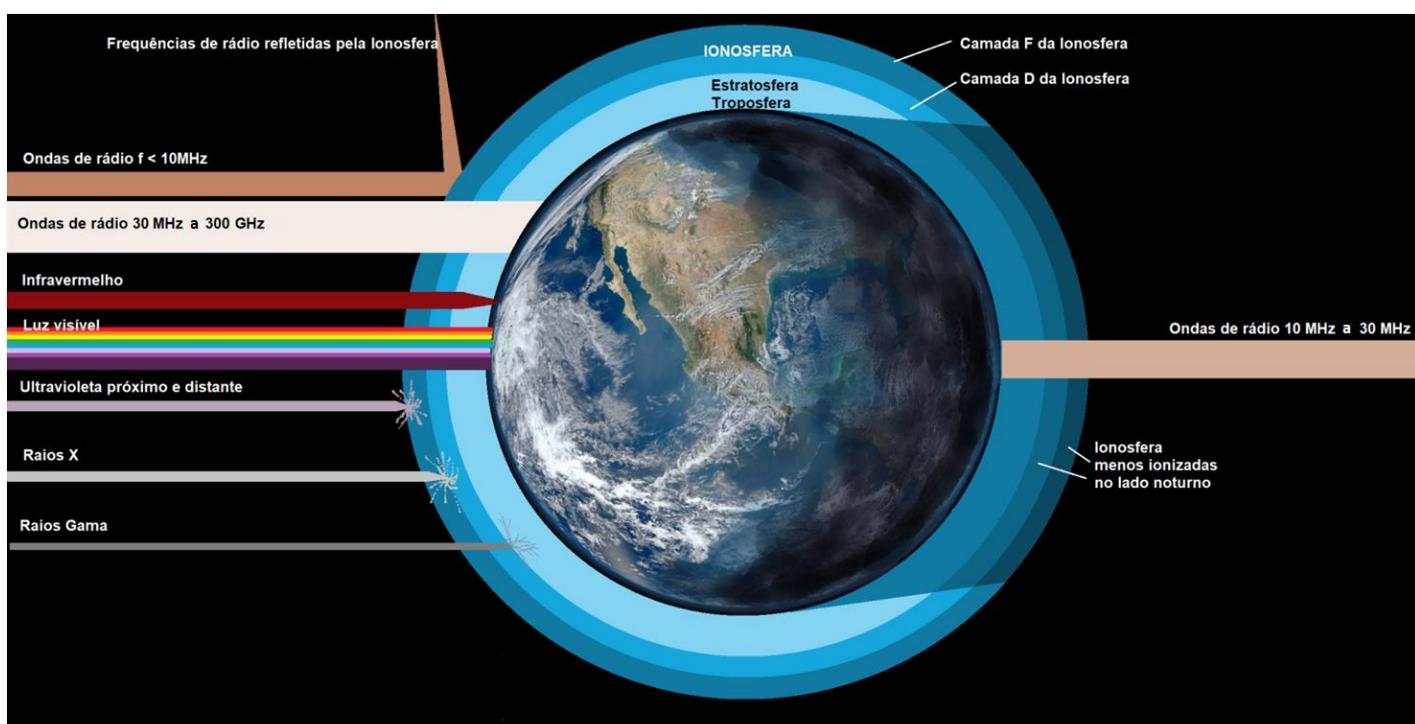
A da luz visível – que permite a Astronomia convencional, com os telescópios óticos;

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.almobservatory.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



SIMULADOR DA RCFM

SIMULADOR DA RCFM

Introdução

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.

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 relembrar que, a relação de Kelvin para grau Celsius (°C) é a seguinte:

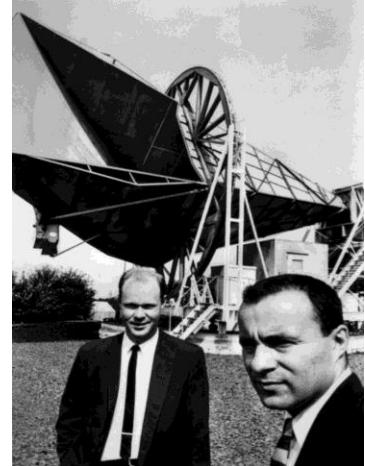
$$K = C + 273,15$$

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.

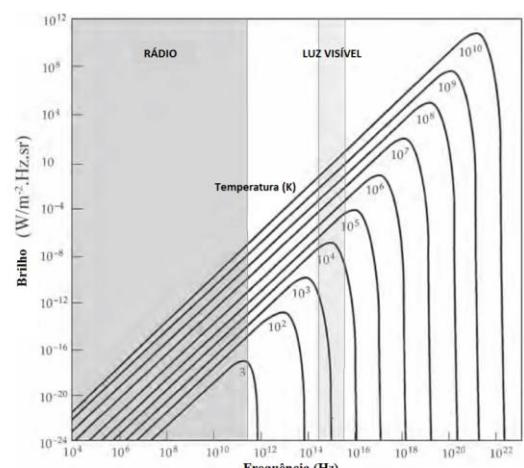
Se o nível do sinal convertido para o equivalente em temperatura não se enquadra na curva do corpo negro, é porque o mecanismo de emissão não é por processos térmicos, podendo ser radiação síncrotron (envolvendo campos magnéticos e partículas carregadas), por exemplo.

Figura 1



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

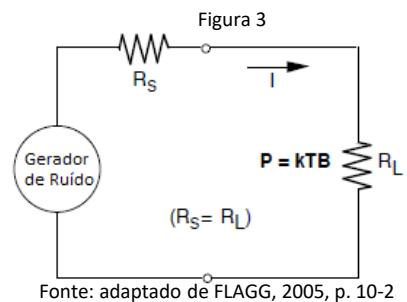
Figura 2



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.



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).

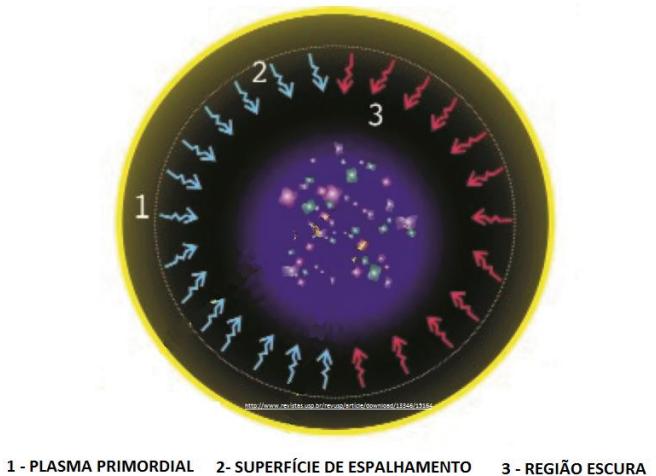
A potência do sinal astronômico recebido (P) pode ser dado em função da temperatura da antena (T), e sua largura de banda, B , e pode ser expressa por:

$$P = kTB$$

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;

Figura 4

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.



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

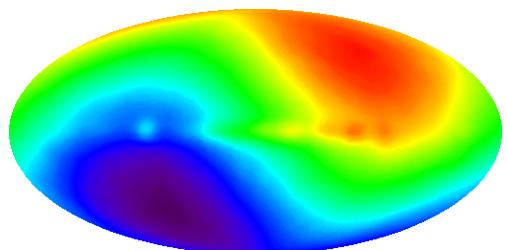
Costuma-se dizer que 1% do ruído de estática captado por uma TV analógica sintonizada num canal fora do ar são oriundos da RCFM. Esta radiação, que vem de todos os lados do céu, Figura 4, é uma relíquia do Universo primordial que estava em expansão e que, quando tinha cerca de 380.000 anos de idade, 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.

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.

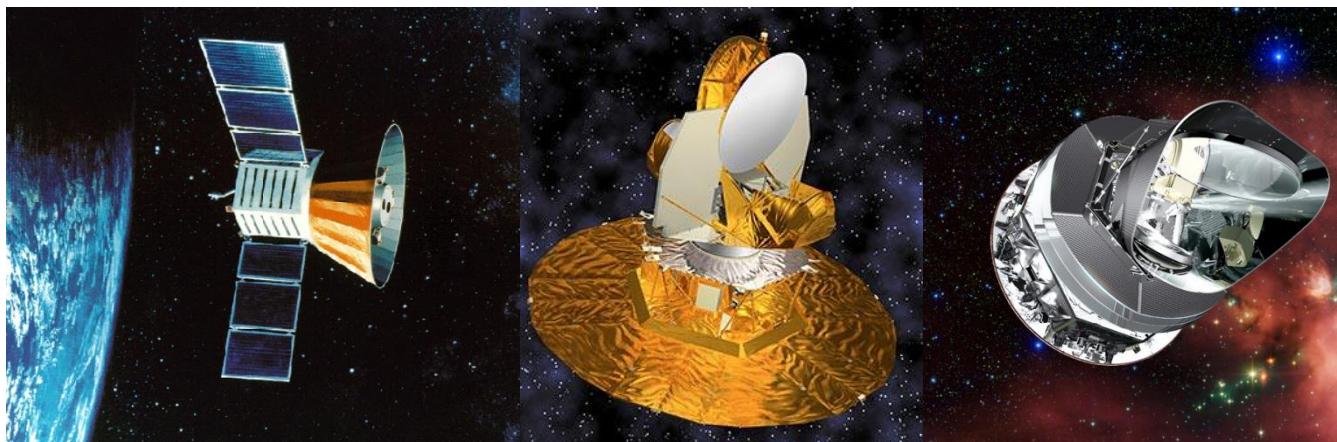
Figura 5



Fonte:

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

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

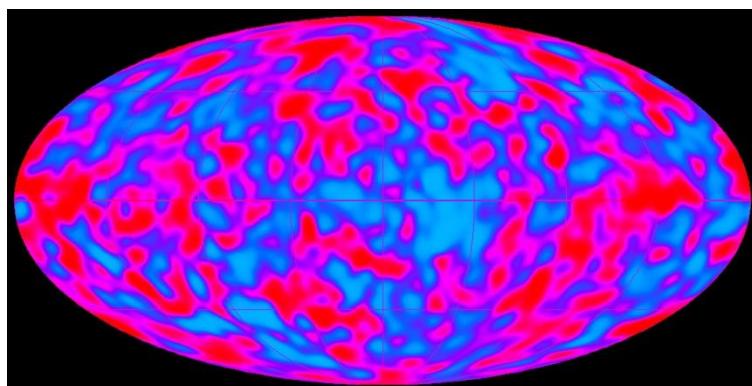
Cosmologia: estudo da origem, evolução e fim de objetos e fenômenos (galáxias, estrelas, radiações) no Universo observável;

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.

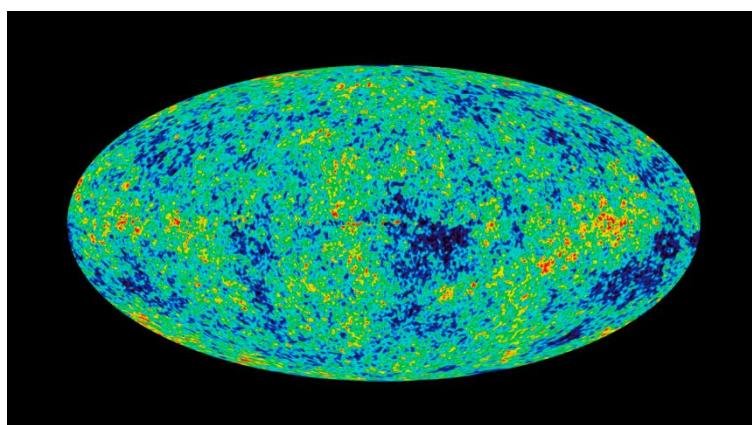
Mapeamentos da RCFM – com as sondas recentemente lançadas, o céu foi mapeado com grande precisão e foi possível medir mínimas variações de temperatura denominadas ANISOTROPIAS, Figuras 7 e 8;

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>

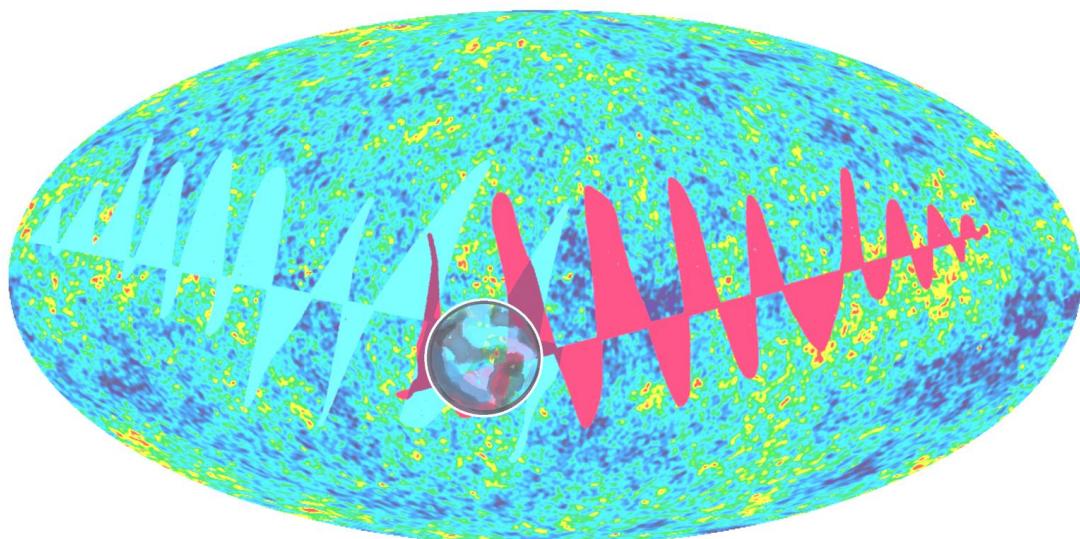
Para representar como a RCFM é gerada e captada ainda hoje, foi construído um artefato físico em que vários dispositivos foram acoplados, cada um para representar um conjunto de aspectos do que descreve a teoria.

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



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

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
ABRAÇADEIRA 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 Painel 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 Painel da Lente, ver Figura 21, do Simulador RCFM.

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 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

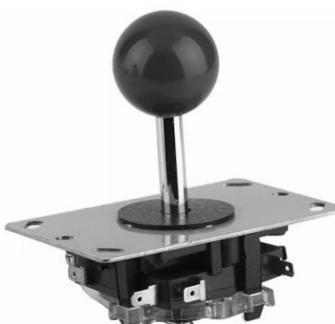


DIMMER

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 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

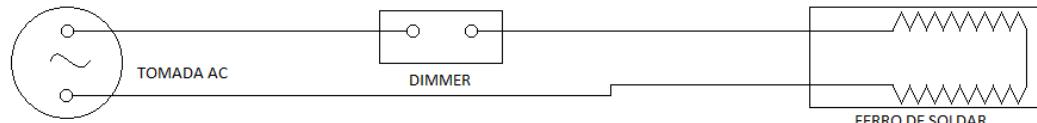


Figura 15

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 demais, 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);

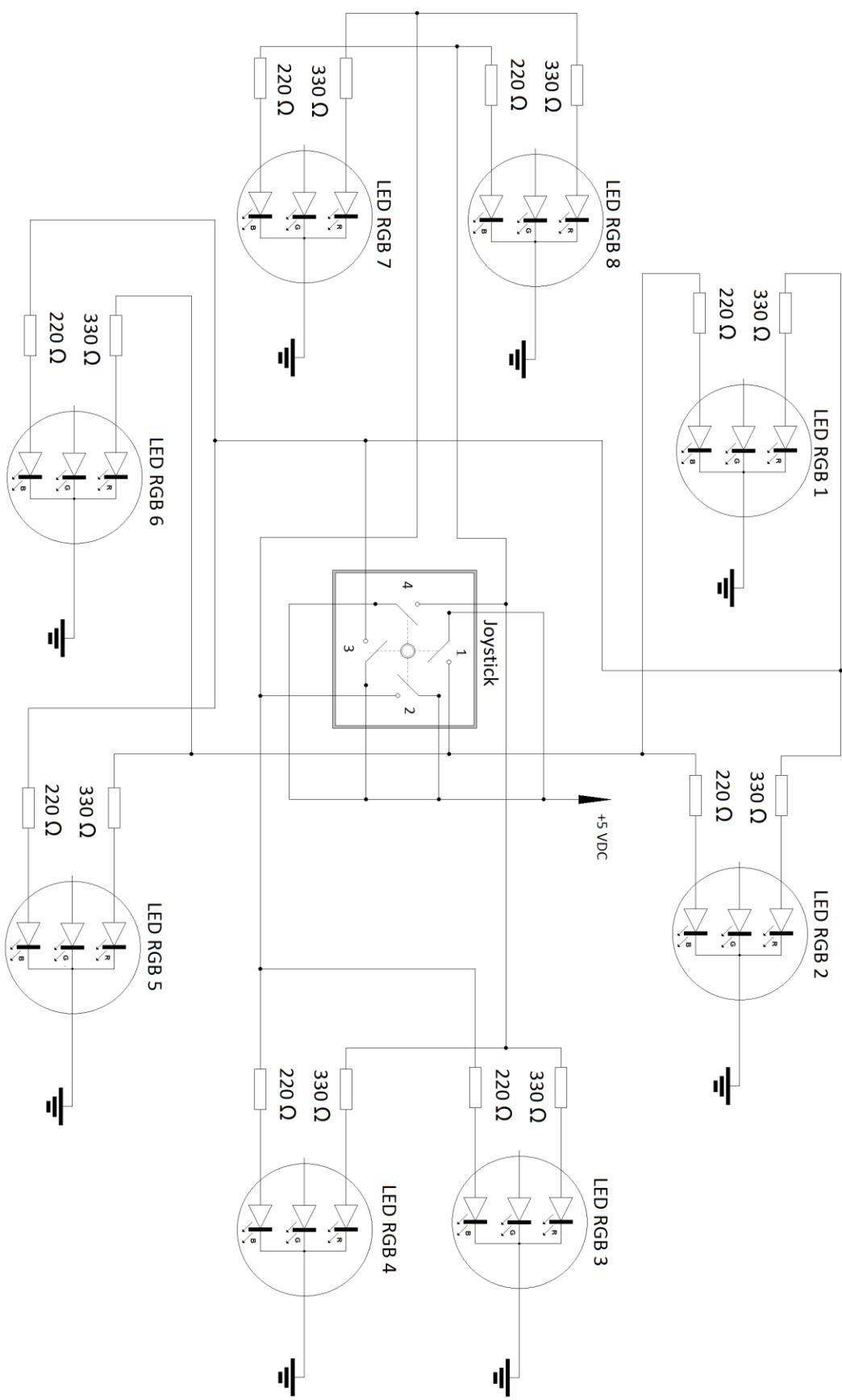
V_{LED} – Tensão típica do LED (valores considerados: 1,8 volts, para o LED vermelho e 2,5 volts para o LED azul);

$I_{Corrente\ Típica}$ – 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.

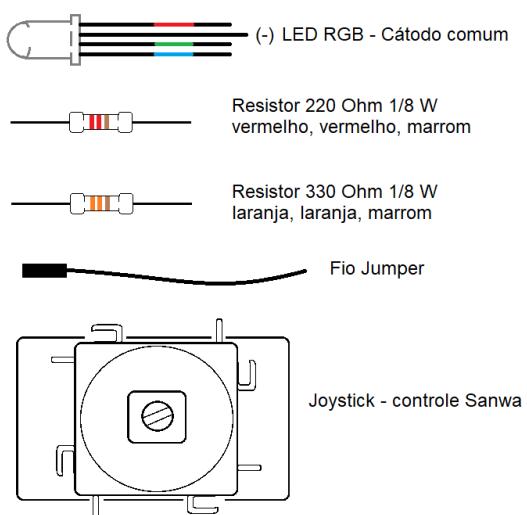
DIAGRAMA ELÉTRICO – JOYSTICK – EFEITO DOPPLER

Figura 16



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 330Ω , 1/8 Watt, com brilho satisfatório.

Para os LEDs azuis, 125 Ohm. Resistor comercial próximo: 150 Ohm, foi utilizado de 220Ω , 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.

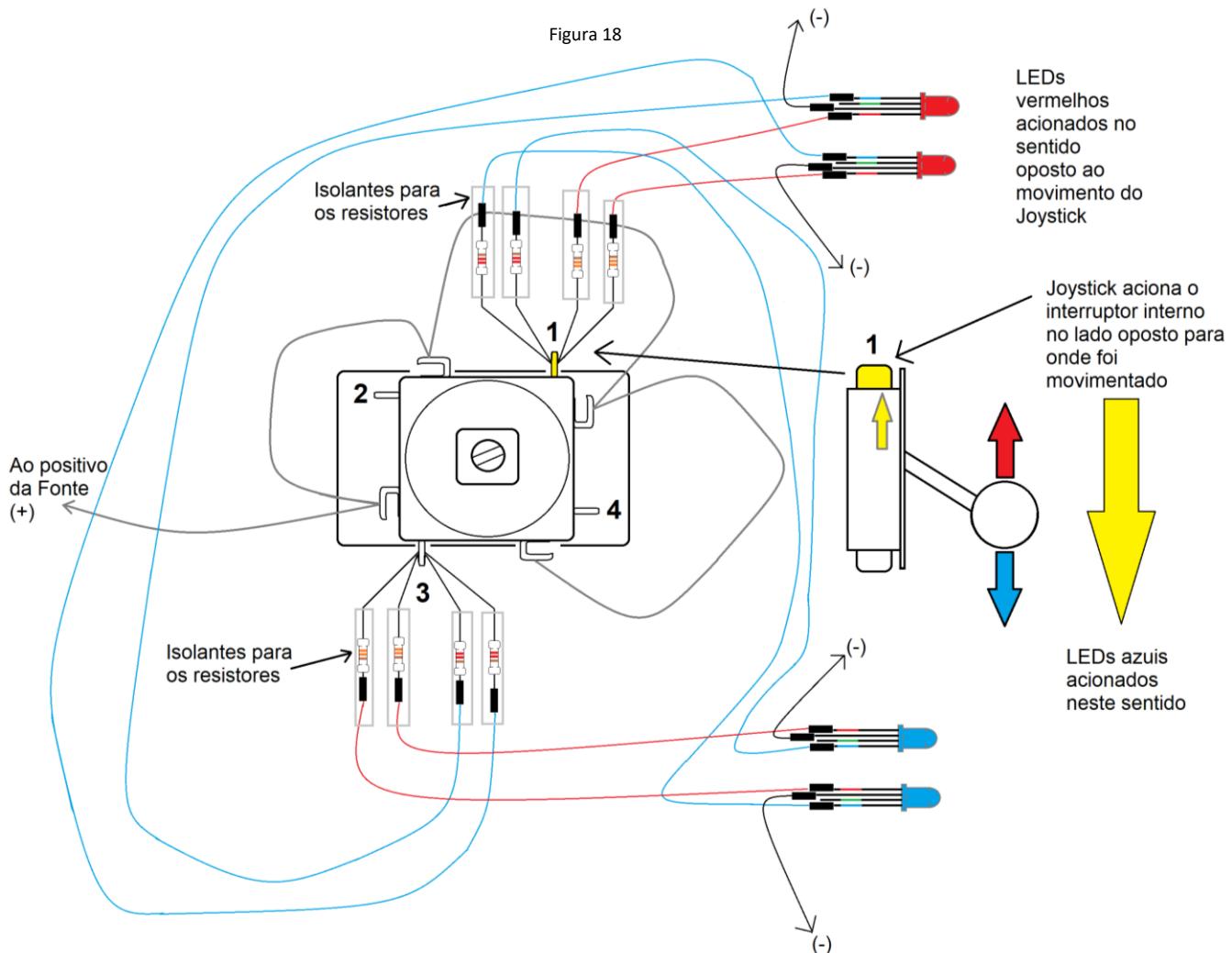
Para orientação da montagem, atribuímos numerações arbitrariamente aos pinos do joystick, vistos da parte inferior, de 1 a 4.

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 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;

Esquemas de Montagem (fora de escala)

22

Figura 19

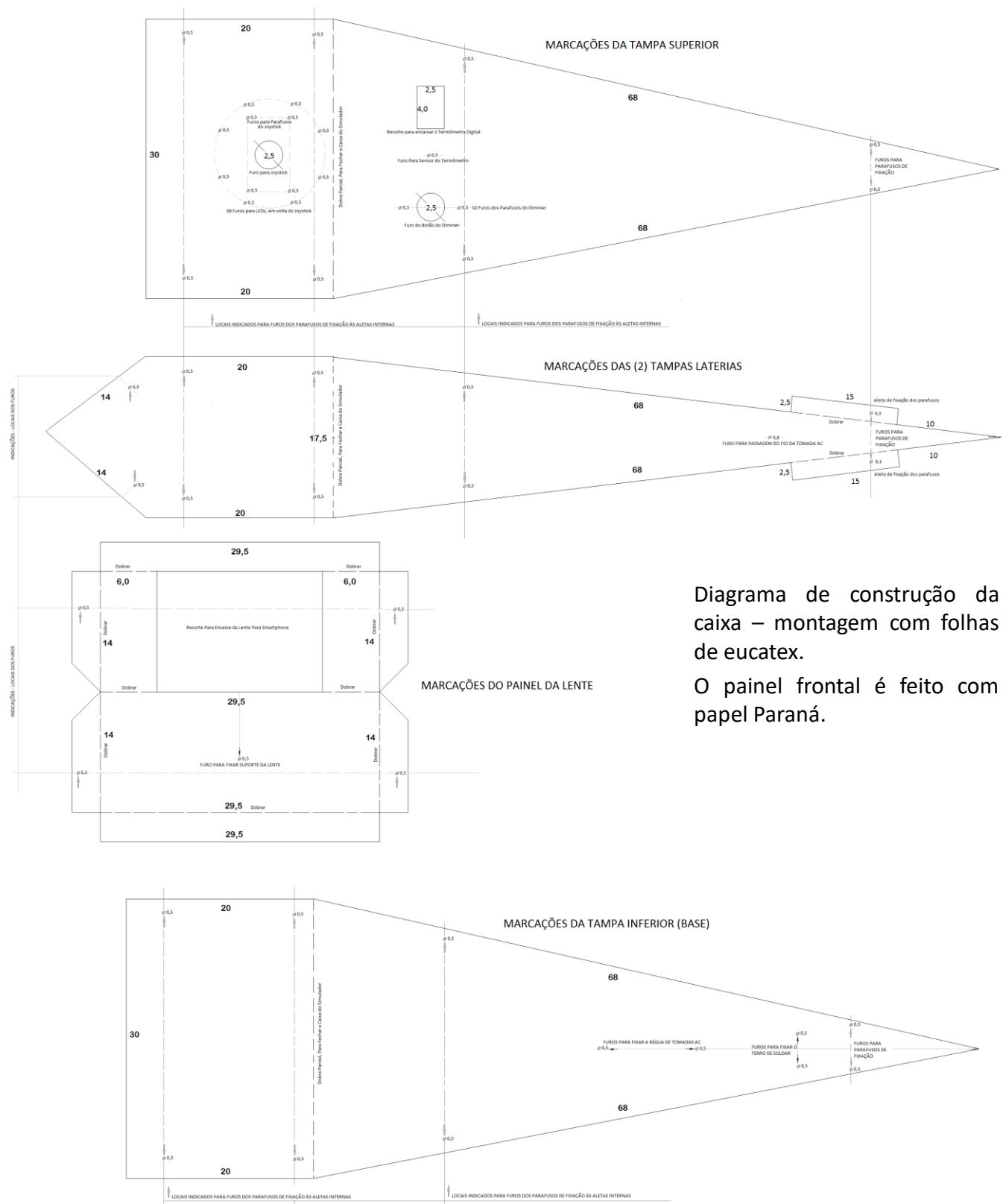


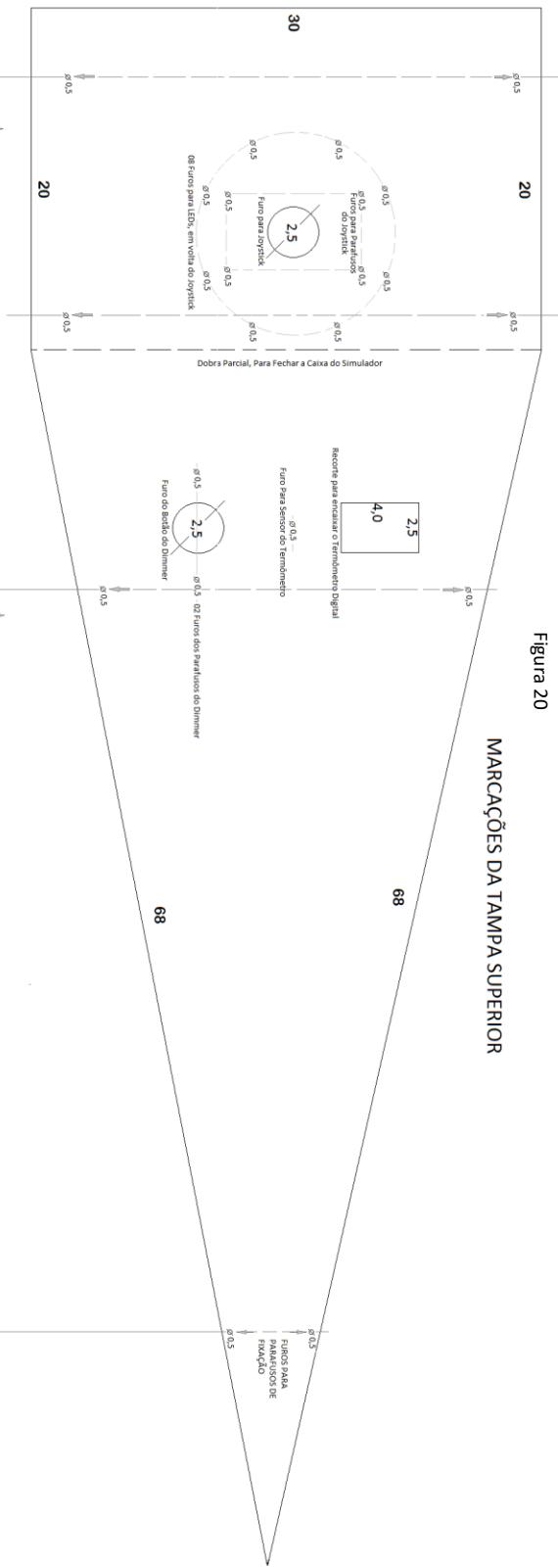
Diagrama de construção da caixa – montagem com folhas de eucatex.

O painel frontal é feito com papel Paraná.

Esquemas de Montagem (fora de escala)

Figura 20

MARCAÇÕES DA TAMPA SUPERIOR



MARCAÇÕES DAS (2) TAMPAS LATERAIS

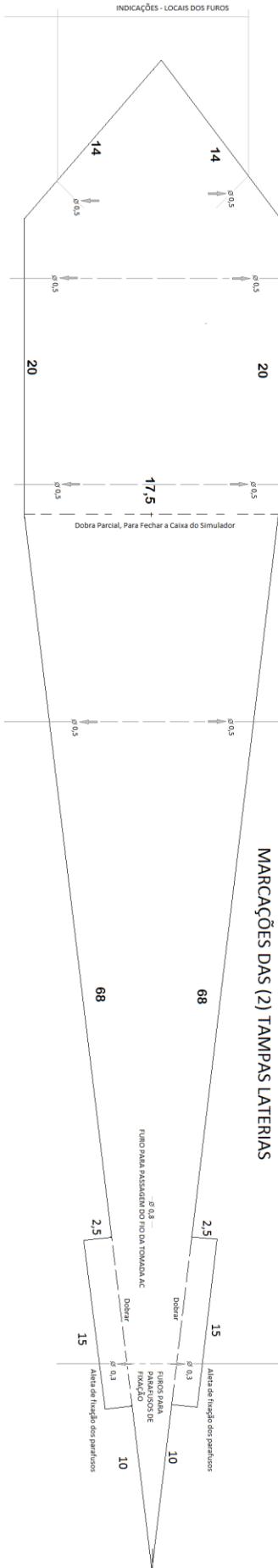
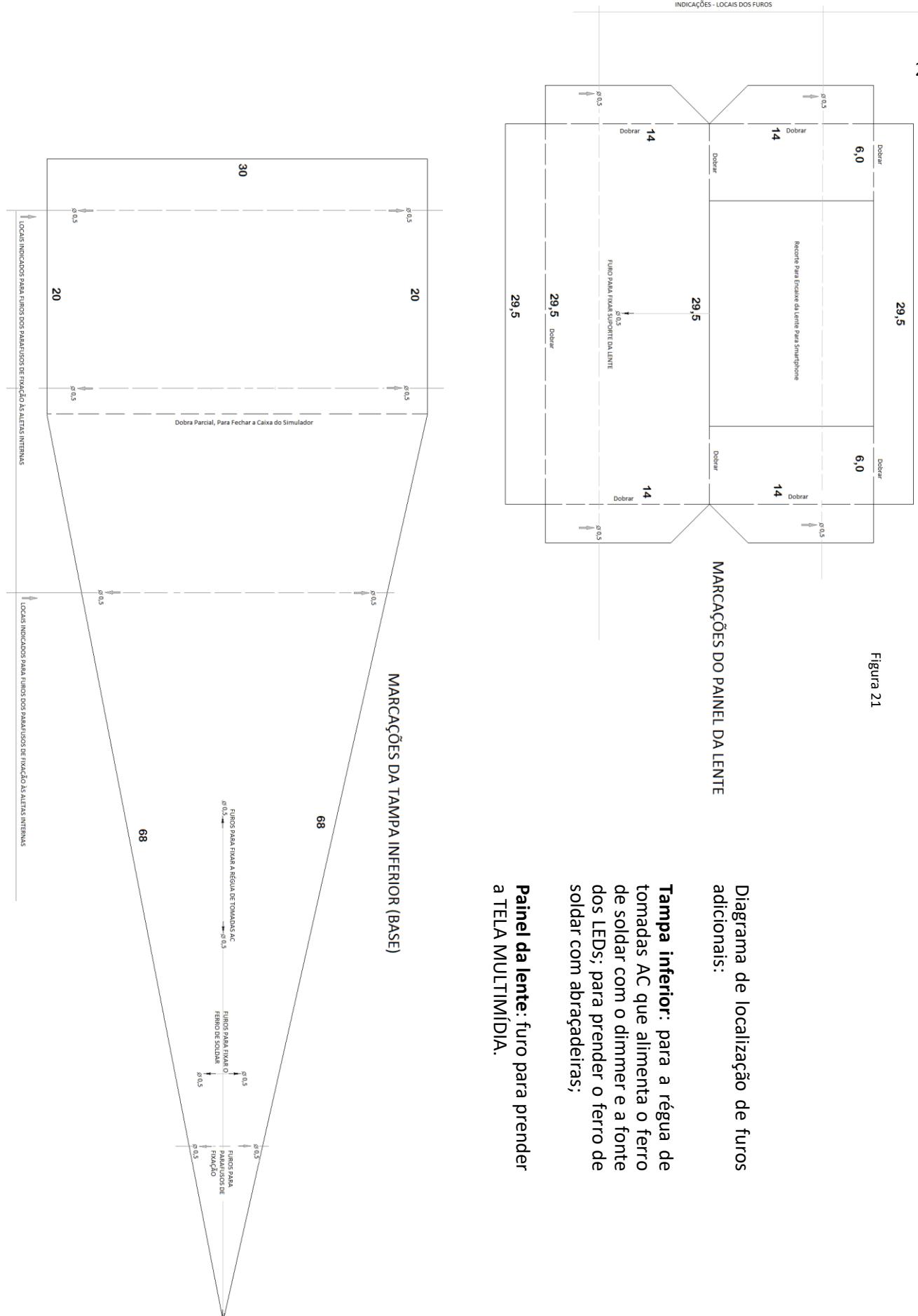


Diagrama de construção da caixa com os furos para instalar os componentes e as aletas da caixa

Esquemas de Montagem (fora de escala)



Esquemas de Montagem (fora de escala)

Figura 22

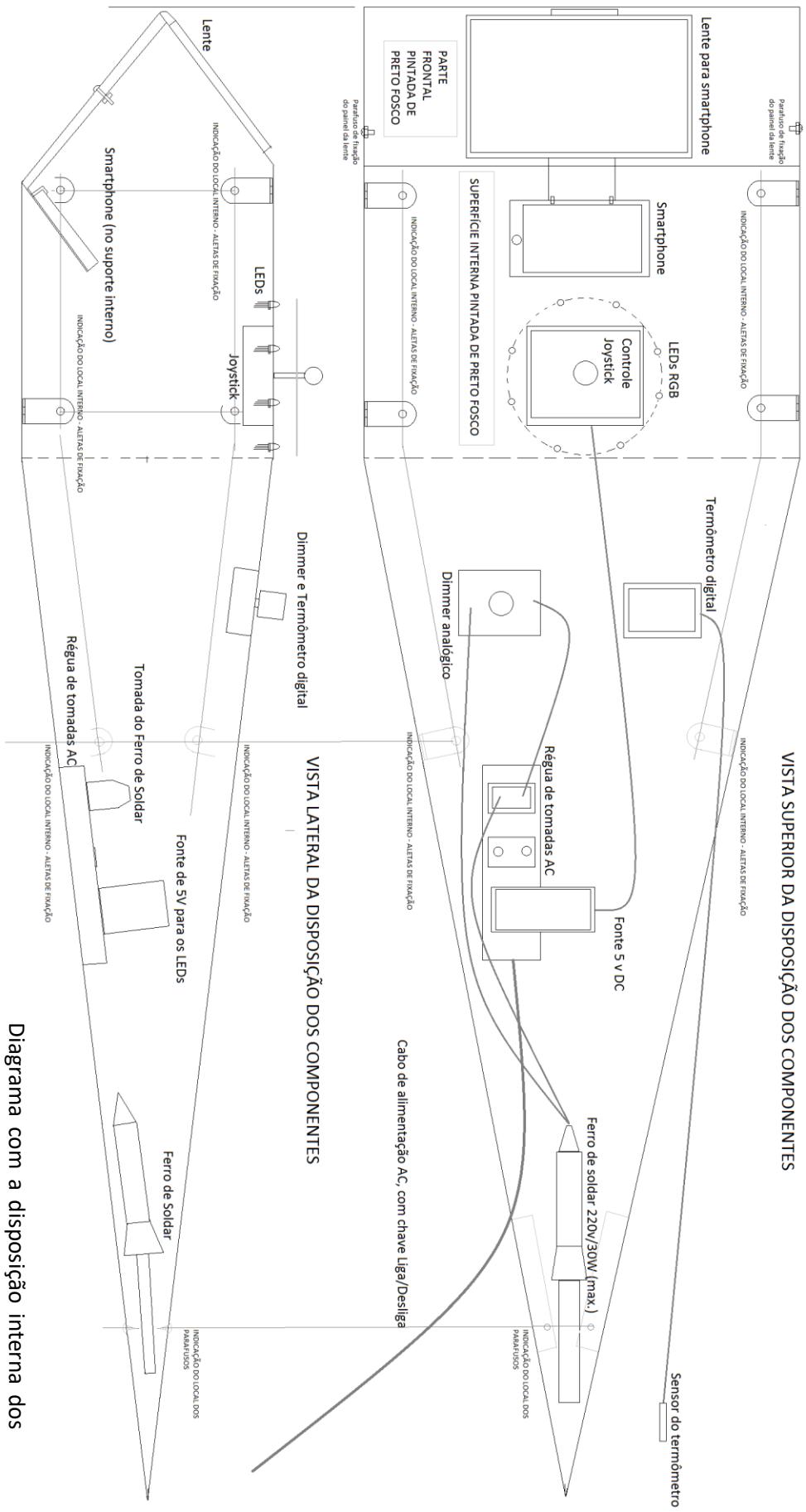
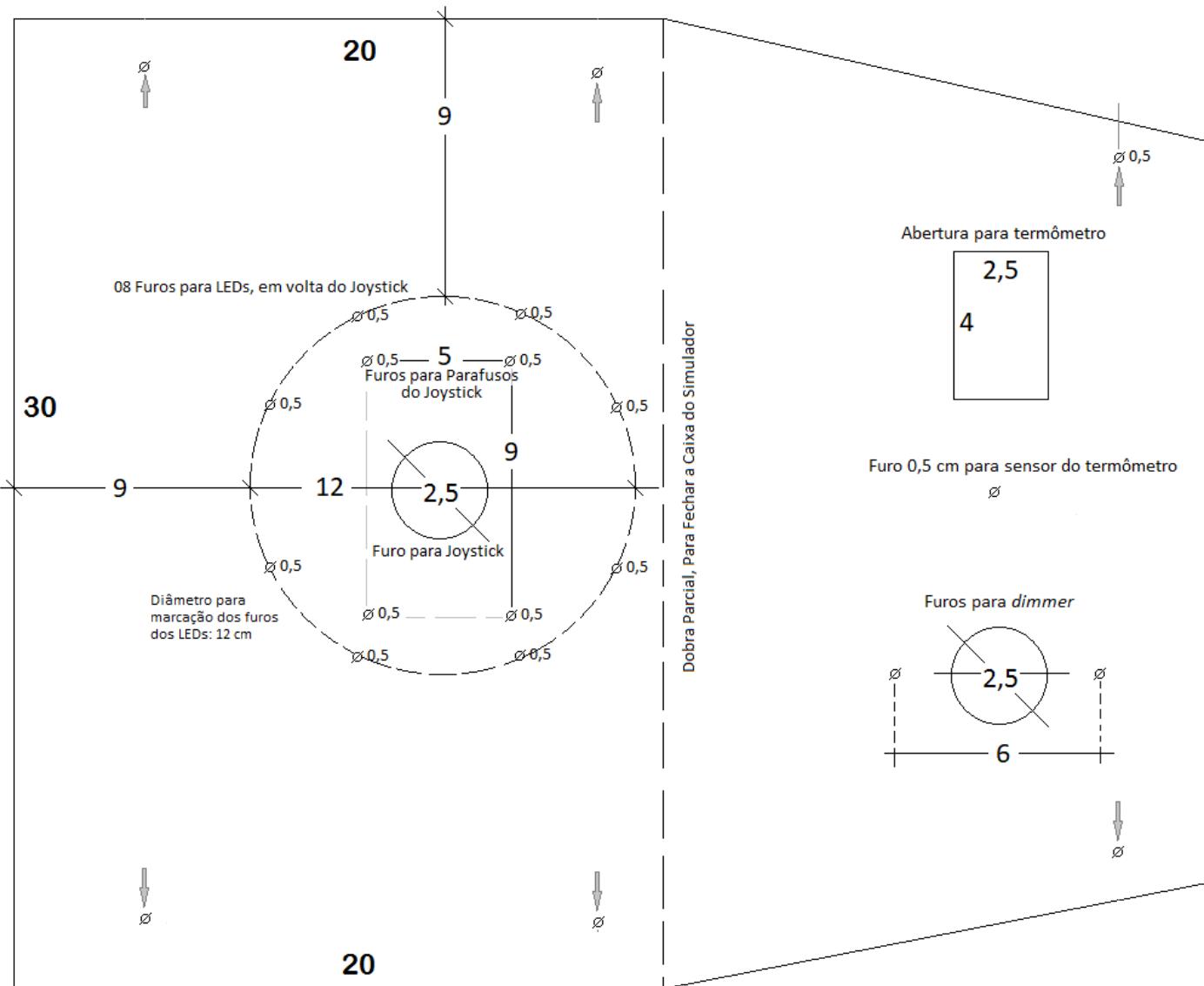


Diagrama com a disposição interna dos diversos componentes do simulador.

Esquemas de Montagem (fora de escala)

26

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 fixarão 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 marcação internamente, utilizando lápis para indicar a localização dos furos furos e conferir a posição para que, após fechada, a caixa tenha o formato correto – Caixa completa na Figura XX;

Dois furos das aletas de fixação 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 limitação 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

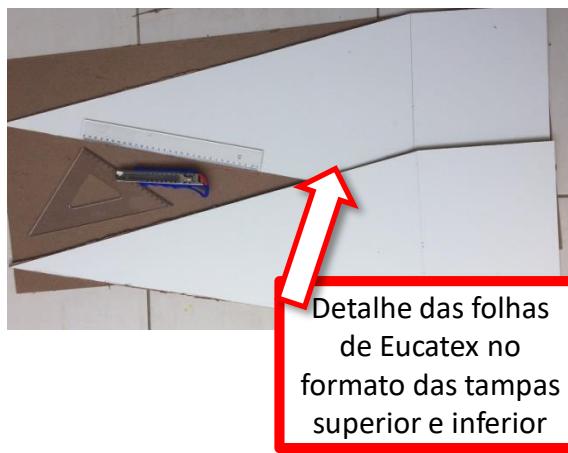


Figura 25



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

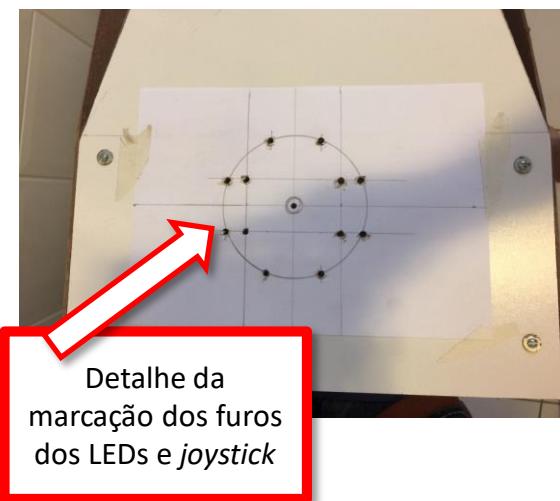
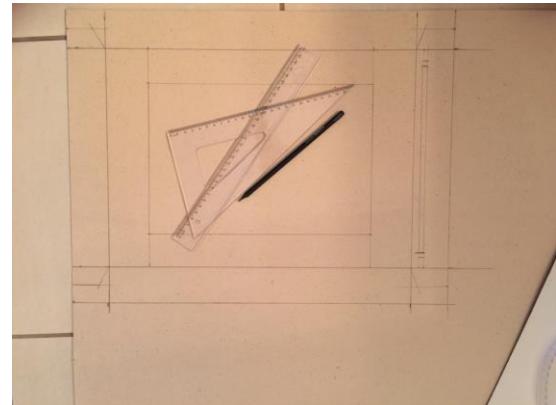


Figura 28



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

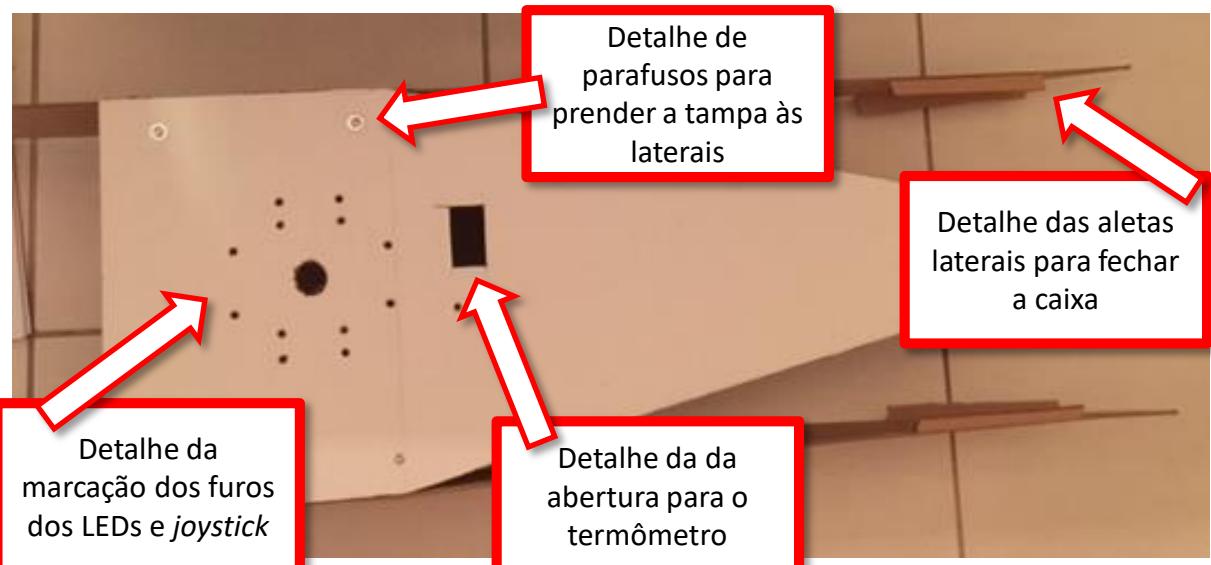
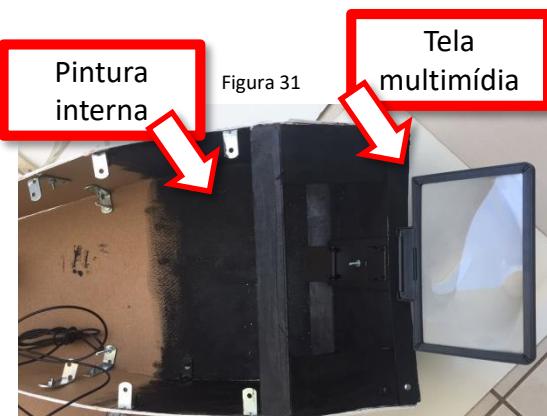


Figura 30

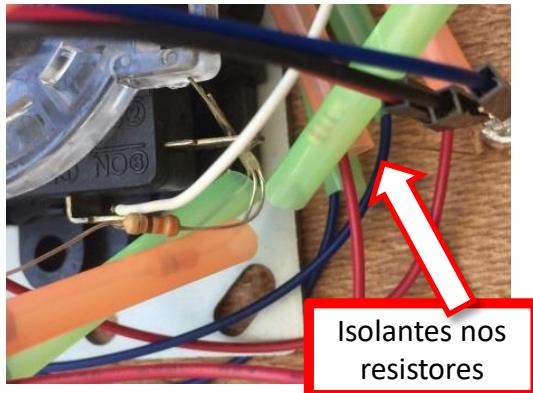


Figura 31



Procedimentos de montagem dos eletrônicos

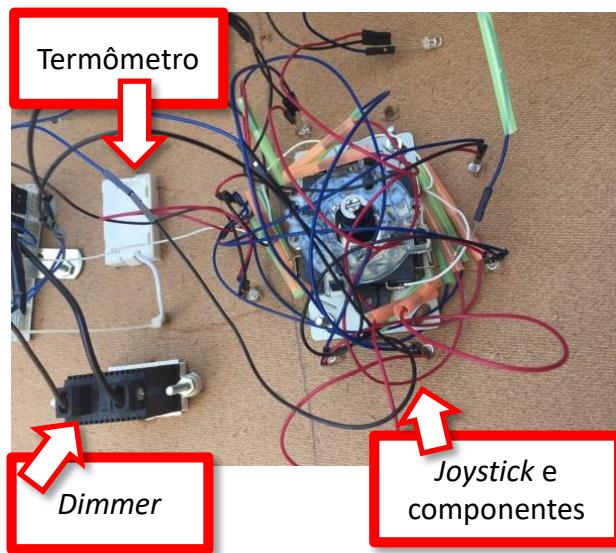
Figura 32



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;

Figura 33



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 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.

SIMULADOR DE IO-JÚPITER

Manual de Construção

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.

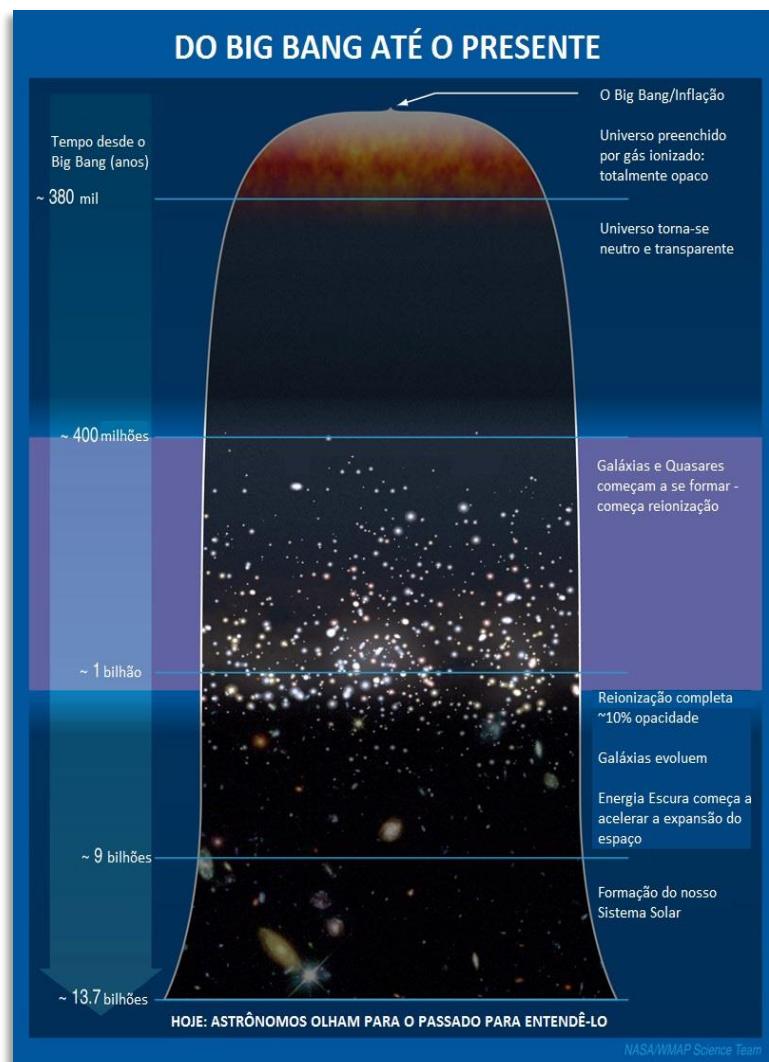
Figura 35



Figura 36



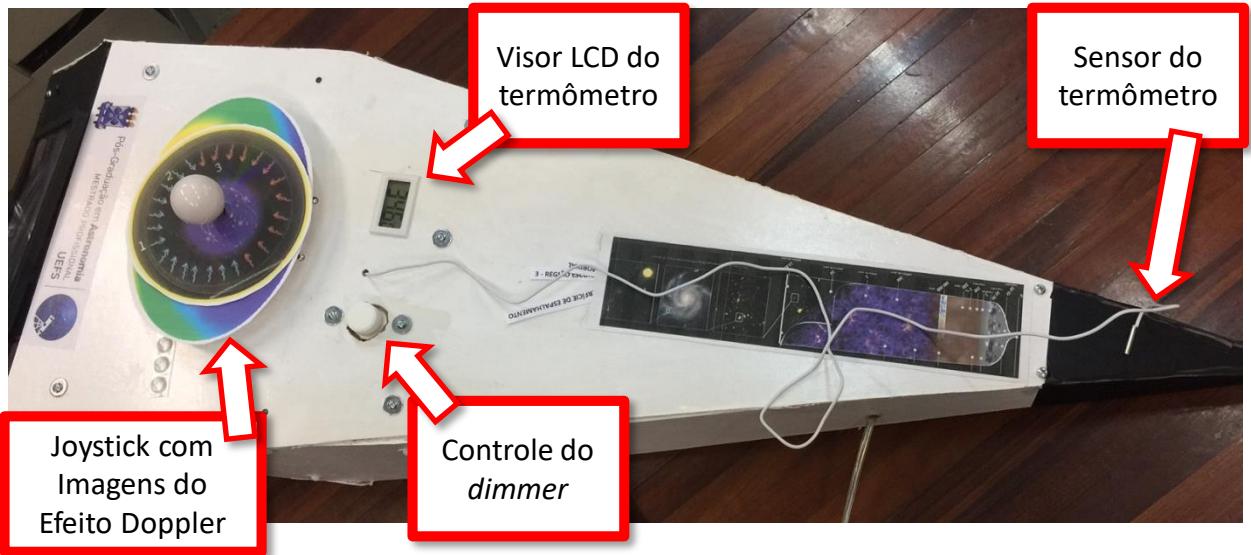
Figura 37



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 açãoada 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;

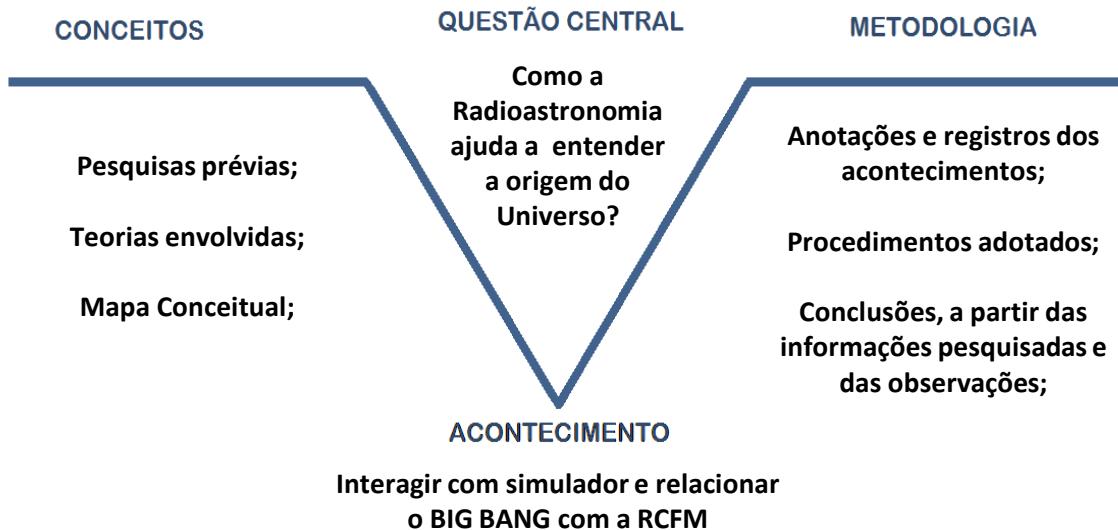
O celular deve ser posicionado no suporte da tela multimídia que já é dimensionado para que esteja no foco da lente. Salvar vídeos e exibir, testando o volume do som e a luminosidade da tela.

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.

SIMULADOR DA RCFM

Procedimento Experimental

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?

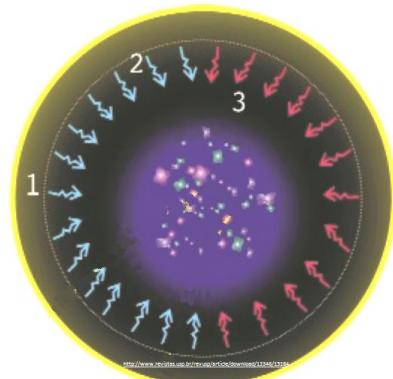
E os LEDs vermelhos?

Comparar com a imagem B e explicar o Efeito Dipolo.

Imagen A:
Simulação do Efeito Doppler



Imagen 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.

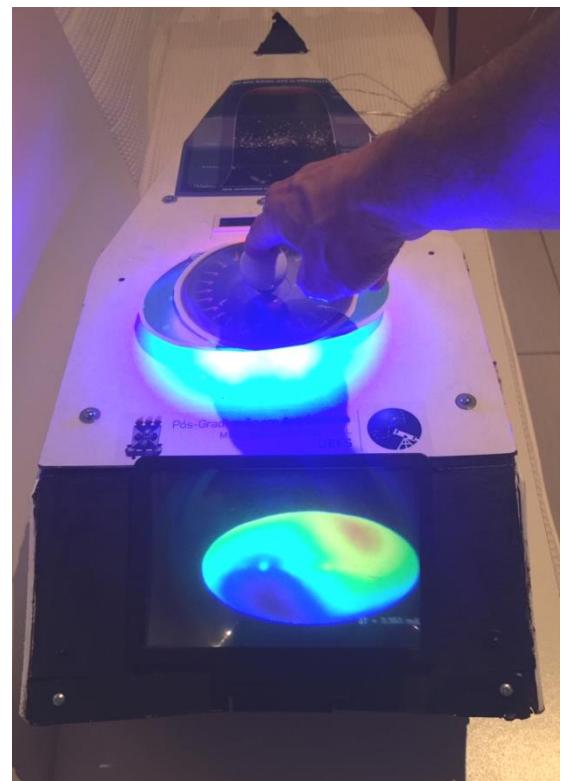
Um receptor de TV possui uma antena cuja impedância é de 75 ohm e está perfeitamente casada com os terminais do aparelho. Imaginemos que a antena foi substituída por um resistor de mesmo valor, 75 ohm, que está à temperatura ambiente, 25 °C. Qual a potência de ruído que a TV receberá do resistor? Deve-se 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.



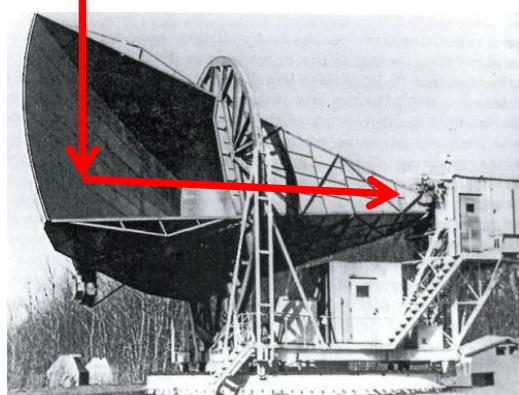
Penzias e Wilson utilizaram no começo dos anos 1960 uma antena de micro-ondas do tipo corneta. Com esta antena perceberam o excesso de ruído que foi atribuído à radiação residual da origem do Universo. Se eles tivessem mapeado todo o céu com aquela antena e convertido os dados em imagens, teríamos uma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



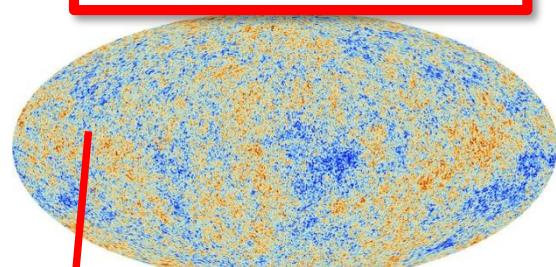
Fonte: Adaptado de <https://wmap.gsfc.nasa.gov/media/030635/index.html>



Fonte: Bell Labs

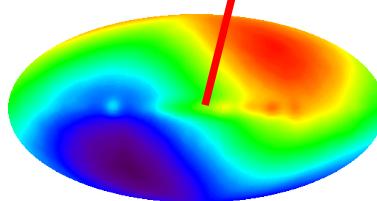
Mapa do céu simulado, se fosse realizado com a antena acima

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/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.

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%20PDFs/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.; WUENSCHE, 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=uxHooI2zXhY>

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>

ROTEIROS DE CONSTRUÇÃO E DE EXPERIMENTOS

RADIOASTRONOMIA: PRODUTOS EDUCACIONAIS

Referências

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.bigeart.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.; WUENSCHE, 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>>