

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo **ufscar** Sorocaba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**ASTRONOMIA NO ENSINO DE FÍSICA: O RADIOTELESCÓPIO
COMO MEDIADOR PARA O ENSINO DE ONDULATÓRIA**

CÉSAR HIPÓLITO PINTO

ORIENTADOR: PROF. DR. AIRTON NATANAEL COELHO DIAS
CO-ORIENTADOR(A): PROF(A). DR(A). MARIA JOSÉ FONTANA GEBARA

Sorocaba - SP
Fevereiro de 2021

Pinto, Cesar Hipolito

A Astronomia no ensino de Física: : O radiotelescópio como mediador do ensino de ondulatória / Cesar Hipolito Pinto -- 2021.
88f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba
Orientador (a): Airton Natanael Coelho Dias
Banca Examinadora: Marcos Antonio Florczak, Samuel Bueno Soltau
Bibliografia

1. Radiotelescópio. 2. Ondulatória. I. Pinto, Cesar Hipolito. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Cesar Hipolito Pinto, realizada em 19/02/2021.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Airtton Natanael Coelho Dias (UFSCar)

Prof. Dr. Marcos Antônio Florczak (UTFPR)

Prof. Dr. Samuel Bueno Soltau (UNIFAL)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**ASTRONOMIA NO ENSINO DE FÍSICA: O RADIOTELESCÓPIO
COMO MEDIADOR PARA O ENSINO DE ONDULATÓRIA**

CÉSAR HIPÓLITO PINTO

Texto apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física na Educação Básica.

Orientador: Prof. Dr. Airton Natanael Coelho Dias
Coorientadora: Profa. Dra. Maria José Fontana Gebara

Sorocaba - SP
Fevereiro de 2021

César Hipólito Pinto

**A ASTRONOMIA NO ENSINO DE FÍSICA: O RADIOTELESCÓPIO
COMO MEDIADOR DO ENSINO DE ONDULATÓRIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física na Educação Básica

Orientador:

Coorientadora:

Prof. Dr. Airton Natanael Coelho Dias
UFSCar, campus Sorocaba-SP

Profa. Dra. Maria José Fontana Gebara
UFSCar, campus Sorocaba-SP

Examinadores:

Prof. Dr. Marcos Antonio Florczak
UTFPR-PR

Prof. Dr. Samuel Bueno Soltau
UNIFAL-MG

Sorocaba-SP
2021

DEDICATÓRIA

Agradeço a todos que diretamente e indiretamente me deram forças para concluir este projeto

AGRADECIMENTO

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) durante todo o período de formação.

Aos sempre Mestres Maria Gebara e Airton Dias, pela orientação, competência, profissionalismo e dedicação tão importantes. Mesmo em suas respectivas correrias, tinham um tempo precioso para se dedicar a minha orientação com palavras sempre positivas. Obrigado por acreditar neste projeto e quanto importante é para nossos alunos. Tenho certeza de que não chegaria neste ponto sem o apoio de vocês. Sensacional parceria durante todo o processo.

À uma pessoa muito especial que esteve cada segundo acompanhando a evolução da dissertação linha a linha eu deixo um agradecimento especial. Sinto-me orgulhoso e privilegiado por companheirismo tão presente.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

“Meu objetivo é simples. É a compreensão do completa do Universo, por que ele é assim e por que ele existe”
Stephen Hawking

RESUMO

HIPÓLITO PINTO, César. A Astronomia no ensino de física: o radiotelescópio como mediador do ensino de ondulatória. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2021.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e construir um radiotelescópio para captura de frequência específica de 1420 MHz de linhas de hidrogênio e eco de chuvas de meteoros e aplicá-lo no processo de ensino-aprendizagem de ondas eletromagnéticas. Para tal, o referencial teórico utilizado se apoia na Teoria Vygotskyana para o processo de construção de conceitos. Essa escolha justifica-se pelo interesse de desenvolver importantes pilares educacionais, não somente no ensino da física, mas construção e identificação das habilidades socioemocionais dos alunos: cooperação, persistência, conscienciosidade; e fortalecer e aprimorar importantes conceitos tecnológicos envolvidos na atividade em particular. Como método avaliativo, o conceito de culminância foi aplicado como referencial, e neste contexto, os resultados preliminares mostram o protagonismo dos alunos com falas empolgantes que demonstram o e interesse em novas atividades tecnológicas, uma vez que novas conquistas foram alcançadas, como serem escolhidos para participar do 3º Cubedesign e do Workshop de Engenharia e Tecnologias Espaciais do INPE. O produto foi totalmente projetado e desenvolvido com materiais de fácil aquisição e de baixo custo baixo, tornando-o factível em qualquer realidade educacional do país. Especificamente, foi aplicado em uma escola estadual do interior do estado de São Paulo, com turma de 16 alunos do ensino médio. Por fim, foi possível observar um crescimento emocional, isto é, o desenvolvimento da autonomia, do trabalho em grupo, de habilidades técnicas por parte dos alunos. Por sua vez, a evolução no conhecimento sobre ondas acarretou uma melhora na linguagem técnica da Física.

Palavras-chave: RADIOTELESCÓPIO. ENSINO DE FÍSICA. ONDULATÓRIA.

ABSTRACT

HIPÓLITO PINTO, César. The Astronomy in the Physics teaching: the radio telescope as a mediator in the electromagnetic waves teaching, 2021. Dissertation (master's in physics teaching) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba campus, Sorocaba, 2021.

The primary objective was to develop and build a radio telescope for the capturing of specific frequency of 1420 MHz of hydrogen lines and echoes from a meteor shower event and apply it in the process of teaching and learning electromagnetic waves. With that in mind, the theoretical reference used is based on Vygotsky's Theory for the process of basic concept construction. This choice is justified by the interest in developing important educational standards, not only the teaching of physics, but also building and identification of social-emotional skills of each student: cooperation, persistence, conscientiousness; and relevant, strengthening and improving important technological concepts involved in the particular activity. As an evaluation method, the concept of "culmination" was applied as a reference, and in this context, preliminary results show the key protagonism of students with exciting speeches and interest in new technological activities, once new achievements were accomplished, team members were chosen to participate in the 2020 - 3rd Cube design and INPE's Workshop on Engineering and Space Technologies. The product itself was totally designed and developed with easy to acquire and low-cost materials, making it feasible at any educational reality in the country. Originally, it was applied at a state school in the countryside of the state of São Paulo, sixteen high school students. Finally, it was possible to observe an emotional excitement, which means, the development of autonomy, group work, and technical skills by the students. In the other hand, electromagnetic waves knowledge development led to an improvement in the Physics technical language.

Keywords: RADIO TELESCOPE. TEACHING PHYSICS. ONDULATORY

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** Gráfico representativo das emissões de rádio frequência dos corpos celestes: Terra, Júpiter e Sol com suas respectivas amplitudes de radiação 32
- Figura 2.2** Acoplamento de um campo elétrico com um campo magnético. Ou seja, dois campos fisicamente ligados produzem um único conjunto, assim chamado campo eletromagnético. 34
- Figura 2.3** Ilustração do espectro eletromagnético, observando as diferentes faixas de frequência e respectivos comprimentos de ondas. 36
- Figura 2.4** Imagem de um espectro com linhas de absorção de hidrogênio 38
- Figura 2.5** Ilustração do espectro eletromagnético, observando as diferentes faixas de frequência e respectivos comprimentos de ondas 39
- Figura 2.6** Níveis de Energia do Hidrogênio 41
- Figura 2.7.** Estados energético possíveis para núcleo de hidrogênio do meio galáctico. 43
- Figura 2.8** Ilustração do processo de transição de energia do átomo de hidrogênio na emissão e absorção de rádio frequência em 1420 MHz. 44
- Figura 2.9** Imagem ilustrativa de ionização da camada atmosférica com a passagem de uma chuva de meteoros e consequente reflexão de ondas de rádio. 45
- Figura 2.10** Gráfico representativo de reflexão de frequência de ondas eletromagnéticas por ocasião da chuva de meteoros Delta Aguariadas, no teste do rádio telescópio. .46
- Figura 2.11** Apresentação das diferentes montagens da antena 47
- Figura 3.1** Alunos do ensino médio organizado no pátio externo da escola para montagem dos componentes do sistema de captura de dados, assim chamado Radiotelescópio 55
- Figura 3.2** Alunos configuram os aplicativos radio Skypipe e SDR Sharp para refletir características de posicionamento da antena e horário de exposição a esfera celeste. 56
- Figura 3.3.** Após captura de dados pelos sistemas do radiotelescópio, os dados são tratados numericamente e gráfico característico é apresentado após transformada rápida de fourier. 56
- Figura 3.4.** Conjunto de estação de coleta de dados, fazendo uso do SDR Sharp para captura de frequência e Radio Skypipe para tratar sinal ruído. 57

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 Propriedades espectrais de diferentes classes.	41
TABELA 3.1 Roteiro de Aula.....	50
TABELA 3.2 Investigação Inicial do Conhecimento Prévio do Aluno	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAA - Associação de Amadores de Astronomia de São Paulo

AM – Amplitude Modulation

BFO – Beat Frequency Oscillator

CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

DCE – Diretrizes Curriculares da Educação

FM – Frequency Modulation

FPE – Funções Psicológicas Elementares

FPS – Funções Psicológicas Superiores

IAG – Instituto de Astronomia e Geofísica

ID – Interação Discursiva

IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

IF – Intermediate Frequency

LNA – Low Noiser Amplifier

LNB – Low Noiser Block

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

ON – Observatório Nacional

PCN – Parâmetro Curricular Nacional

PROFIS-So – Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba.

SDR – Software Defined Radio

STEAM – Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics

USB – Universal Serial Bus

ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal

ZDR - Zona de Desenvolvimento Real

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	20
A MEDIAÇÃO COMO COMPONENTE DO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM	20
1.1 LEV VYGOTSKY E SUA TEORIA INTERACIONISTA	20
1.2 A EXPERIMENTAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA	24
CAPÍTULO 2	29
A FÍSICA POR TRÁS DO ASSUNTO	29
1.3 UM POUCO DE ONDULATÓRIA	32
1.4 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E A RADIAÇÃO CELESTE	34
<i>2.2.1. Espectro Eletromagnético</i>	36
<i>2.2.2. Radiação celeste - enxergando o invisível partir da Terra</i>	36
1.5 ESPECTROSCOPIA ASTRONÔMICA	37
<i>1.5.1 Espectros de emissão de hidrogênio</i>	43
<i>1.5.2 Eco de chuva de meteoros</i>	44
1.6 OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA	46
CAPÍTULO 3	48
RADIOTELESCÓPIO NO ENSINO MÉDIO	48
3.1. APLICAÇÃO DO PRODUTO	48
3.2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA	49
<i>3.2.1. Objetivo Geral</i>	49
<i>3.2.2. Objetivos Específicos</i>	49
<i>3.2.3. Guia Didático</i>	50
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
3.4. CONCLUSÕES	59
PRODUTO EDUCACIONAL	64
ANEXO 1	88
AVALIAÇÃO - CULMINÂNCIA	88

INTRODUÇÃO

Segundo Pires, 2011, o povo babilônico já era muito avançado por volta de 2000 AC e foi responsável pelo desenvolvimento da Astronomia, motivado na qualidade de sua agricultura, na religião e na astrologia. As observações astronômicas dos povos antigos não eram de alta precisão, mas vale ressaltar a tradição do cuidado no registro destas observações, calculando o movimento diário do Sol e Lua, assim como seu surgimento como Lua Nova que mostrava o início de um novo mês (PIRES, 2011).

Dentro da abrangente esfera celeste, com suas incontáveis estrelas, até então acreditava-se em um universo geocêntrico, isto é a Terra era considerada o centro do universo. Acreditava-se que outros corpos celestes, como Sol, Lua e planetas, alguns deles maiores em tamanho, circulavam em torno dela.

No século XVI, devido ao crescente desenvolvimento técnico, a Astronomia deu origem a um novo conceito de mundo. A trigonometria esférica, desenvolvida pelos árabes, contribuiu para o desenvolvendo e construção de vários instrumentos com objetivo de observações astronômicas. Novos conhecimentos mostraram que a nossa Terra era apenas um dos vários planetas, todos girando ao redor do Sol.

Com as novas observações, a Astronomia, como estudo da natureza em geral, entrou em uma nova era. Os conhecimentos sobre esta ciência passaram a ser mais difundidos, livros e importantes textos sobre o tema foram escritos. A Astronomia se consolidou como ciência técnica, relacionada com observações e análise matemática de como os corpos celestes se movimentavam. A velha conexão mística e astrológica entre os corpos celestes e o homem fora substituída pela ação mecânica da gravitação onipresente (PIRES 2011).

No Brasil, a história da Astronomia tem sua origem no período colonial, com inauguração do observatório astronômico G. Markgraf, que operou de 1639 até 1643 em Olinda, Pernambuco. Foi o primeiro observatório no continente americano ao sul da Linha do Equador (STEINER, 2011), era equipado com um quadrante de 30 cm para observações meridianas, um telescópio e um pêndulo, em 1643 o observatório foi destruído durante a expulsão dos holandeses. Mais tarde os jesuítas instalaram um observatório no Morro de Castelo em 1730. Em 1827 foi assinado por D. Pedro o ato de criação do Imperial Observatório do Rio de Janeiro; foi instalado em 1846; e passou a funcionar, efetivamente, em 1852 no Morro do Castelo, Rio de Janeiro (FERRAZ MELLO, 1986).

Até aproximadamente meados do século 20, o Observatório Nacional era a única instituição a conduzir pesquisas de relevância em Astronomia. No século XX, novos temas de estudos foram agregados. Com o lançamento bem-sucedido do satélite norte-americano Explorer I, em 1958, foi possível observá-lo com rádio interferômetro em 108 MHz. Primeiramente, foi realizada uma observação da radio emissão solar durante um trânsito do Sol pelo meridiano de São Paulo, no dia 10 de fevereiro de 1958, para calibração do sistema interferométrico, e esse foi o primeiro registro radio astronômico da detecção de uma fonte extraterrestre, nesse caso o Sol, feito no Brasil (KAUFMANN, 1966).

Um grupo de astrônomos amadores, da Associação de Amadores de Astronomia de São Paulo (AAA), liderado por Pierre Kaufmann da Universidade Mackenzie, criou nessa associação um Departamento de Radioastronomia em 1959. Por iniciativa dos componentes desse Departamento, foi construído um radiotelescópio na frequência de 300 MHz com antena parabólica (KAUFMANN, 1966).

O conjunto era fixo no solo, com a abertura voltada para o zênite, constituindo assim um instrumento de passagem meridiana que aproveitava o movimento de rotação da Terra para que se pudesse observar as várias regiões do céu ao longo do tempo e, em especial, a rádio emissão das regiões centrais da nossa Galáxia. Esse radiotelescópio foi instalado no Parque Ibirapuera, ao lado do Planetário Municipal de São Paulo, onde a AAA tinha sua sede. Inaugurado no dia 25 de janeiro de 1960, foi o primeiro radiotelescópio construído no Brasil e serviu para que a Radioastronomia fosse definitivamente iniciada em nosso país, dando origem, em 1960 na Universidade Mackenzie, ao Grupo de Radioastronomia Mackenzie (GRAM), já de cunho oficial (SANTOS, 2018).

Conforme Oliveira Filho (2014), somente no século XX, no ano de 1932, o americano Karl Guthe Jansky (1905-1950) observou as primeiras radiações enviadas do cosmos, essa emissão de origem desconhecida era recorrente e variava a cada 24 horas, mas foi confirmado, anos mais tarde que a mesma vinha do centro da Via Láctea. No final da década de 30, o engenheiro Grote Reber (1911-2002), com uma antena parabólica, sistematizou as observações celestes. E a partir daí deram olhos ao invisível.

Exatamente dia 10 de abril de 2019, a imagem de um buraco negro foi revelada pela primeira vez pelo projeto *Event Horizon Telescope* (REVISTA GALILEU, 2019). Sheperd Doeleman, diretor assistente para observação na *Black Hole Initiative*, explicou o processo que permitiu a captação dessa imagem:

Se você quiser tirar uma foto de algo que se recusa a ser fotografado, como um buraco negro, você precisa construir um tipo especial de telescópio. Então, conectamos radiotelescópios ao redor do globo, os sincronizamos com relógios atômicos e todos eles olham para o mesmo buraco negro ao mesmo tempo. (REVISTA GALILEU, 2019)

Os fenômenos celestes, os astros sempre influenciaram a vida humana e fazem parte da curiosidade do senso comum atraindo estudantes, curiosos, estudiosos e cientistas até os dias atuais. O que não é diferente com os nossos alunos, afinal quem nunca contemplou as estrelas ou mesmo a Lua e o Sol?

Aproximar conhecimento prévio do estudante da ciência é o grande desafio dos professores da área. Um dos principais entraves a esse processo de aproximação reside no modelo de ensino meramente expositivo, em que a única voz presente nas salas de aula é a do professor.

Cabe ao professor buscar alternativas para estimular e motivar o aluno, orientando-o de forma a despertá-lo para a responsabilidade e autonomia. Conforme Henning:

Há uma necessidade de melhor compreensão da Ciência como tal, para se formar indivíduos pensantes e produtivos, capazes de alcançar um conhecimento científico a ser assimilado ao fluxo cultural da atualidade tecnológica em que vivemos e, assim, contribuir-se para a Educação Científica de uma comunidade. (HENNIG, 1998)

Desta forma, há expectativa que o uso de metodologias e estratégias de ensino diferenciadas, tais como as metodologias ativas, atividades experimentais, aprendizagem colaborativa, gamificação, ensino híbrido, sala de aula invertida, aprendizagem “*maker*”, abordagens CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente) e STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), aproximações com a História e a Filosofia da Ciências, para citar algumas, permitam estabelecer esta conexão.

Através da aprendizagem “*maker*”¹, o aluno é convidado a aprender através da experimentação, assumindo o papel de protagonista e construindo seu conhecimento através de experiências que envolvem erros e acertos, solução de problemas, desenvolvendo habilidades como responsabilidade, compartilhamento do aprendizado e trabalho em equipe.

Cabe ao professor investigar de que forma é possível desenvolver alternativas para o ensino de Física, explorando seus conceitos de maneira significativa, possibilitando ao aluno autonomia para usar esses conceitos no desenvolvimento de tecnologias, fazendo uso de

¹ Segundo Instituto Ayrton Senna à cultura “mão na massa”, também conhecida como movimento maker, por meio de laboratórios voltados para desenvolvimento de ideias.

materiais disponíveis e com soluções criativas para eventuais dificuldades, substituindo e adaptando peças, objetivando eficiência nos resultados.

O astrônomo que observa as estrelas utilizando um radiotelescópio capta a radiação conhecida como “ondas de rádio”, ao invés da luz visível, perceptíveis por lunetas e telescópios. Um observador de ondas de rádio pode montar uma imagem do assim chamado “radio universo” de forma tão clara quanto qualquer objeto presente no universo.

Tendo o tema da Astronomia como pano de fundo, assunto de interesse espontâneo do grupo de alunos, foi desenvolvido um produto que permite ao professor construir uma ponte entre o conhecimento de ondas eletromagnéticas e a Astronomia moderna, assim chamada pela ciência de Radioastronomia que é o estudo de ondas de rádio que são originadas fora do planeta Terra.

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho é descrever a utilização de um radiotelescópio – nosso produto educacional - no ensino de ondulatória, através da Radioastronomia, fazendo uso de um conjunto de estratégias e de uma sequência didática que irão nortear o professor em sua jornada.

Para que isso seja possível foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Delimitar, a partir de uma revisão da literatura, os aspectos relativos à experimentação consonantes com a utilização do radiotelescópio;
2. Estabelecer, a partir do pensamento de Vygotsky, mecanismos que permitam explorar a mediação como forma apreensão do conhecimento;
3. Elaborar uma sequência didática capaz de orientar o professor nas discussões sobre ondas eletromagnéticas;
4. Construir um protótipo de radiotelescópio que possibilite a captura de ondas eletromagnéticas cósmicas;
5. Compartilhar resultados na comunidade escolar.

De acordo com Langhi e Nardi (2007), os Universo, Terra e Vida são temas pouco explorados por professores, seja pela deficiência em sua formação ou por causa de livros didáticos mal elaborados, levando ao desconhecimento da importância do ensino de Astronomia no Ensino Médio.

Por outro lado, professores da educação básica, costumam ser muito relutantes em modificar seus planos de aulas e se adequar às novas tecnologias e metodologias de ensino

(FIOLHAIS; TRINDADE, 2003), fazendo com que os alunos se sintam desmotivados e sem interesse pelas aulas.

A educação básica requer mudanças, devido à necessidade de se adequar a uma geração desinteressada em relação aos estudos. Apresentar propostas e estratégia de ensino de Física diferenciadas deixando de concentrar na simples memorização de equações ou repetição automatizada de procedimentos em situações artificiais ou extremamente abstratas para trabalhar esses conteúdos buscando relacionar com contextos e problemas reais (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

Para exposição desta pesquisa, esta dissertação está estruturada da seguinte forma em três capítulos. No Capítulo 1, apresentamos nossa fundamentação teórica, centrada no conceito de mediação no processo de ensino-aprendizagem. O Capítulo 2 trata dos conceitos físicos que podem ser contemplados pelo produto desenvolvido, no caso, alguns tópicos de ondulatória. No Capítulo 3 são apresentados o produto educacional proposto e as etapas de sua utilização em sala de aula. Finalmente, nossas considerações parciais.

CAPÍTULO 1

A MEDIAÇÃO COMO COMPONENTE DO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM

1.1 LEV VYGOTSKY E SUA TEORIA INTERACIONISTA

Neste capítulo são apresentados alguns aspectos do pensamento de Lev Semenovitch Vygotsky considerados para a elaboração de nosso produto educacional e de seu teste no ambiente escolar. Da obra “A Formação Social da mente” de 1991, retiramos alguns dados de sua biografia. Nascido em Minsk, Bielo-Rússia, em 05 de novembro de 1896, Lev Semyonovitch Vygotsky, completou com medalha de ouro o primeiro grau. Graduiu-se em 1917 pela Universidade de Moscou, iniciou sua pesquisa literária após especializar-se em Literatura.

Vygotsky era uma pessoa extremamente inteligente e de múltipla formação, tinha habilidades para lecionar, pesquisar e palestrar. No período entre 1917 e 1923, lecionou Literatura e Psicologia e dirigiu o Centro de Educação de Adultos. Era extremamente ativo em palestras sobre problemas da Literatura e Ciência. Neste mesmo período, ele fundou a revista literária Verask, na qual publicou sua primeira pesquisa sobre Literatura, que foi, em seguida, reeditada como a Psicologia da Arte (VYGOTSKY, 1991, p.16).

Pouco antes de sua morte, Vygotsky recebeu o convite para dirigir o departamento de psicologia no Instituto Soviético de Medicina Experimental. Morreu de tuberculose em 11 de junho de 1934.

Segundo Teixeira,

O teórico do desenvolvimento cognitivo Lev Vygotsky morreu tragicamente de tuberculose com apenas 38 anos de idade. Apesar de seu desaparecimento prematuro, o valor de Vygotsky geralmente é considerado devido sua importância para o campo do desenvolvimento cognitivo. É extraordinário o que Vygotsky realizou, em uma vida de tão curta duração. (TEIXEIRA, 2015, p.1)

De acordo com a teoria interacionista de Vygotsky (2008), o desenvolvimento do ser humano se pauta em três aspectos: instrumental, cultural e histórico. O aspecto instrumental refere-se à natureza mediadora das funções psicológicas complexas (atenção voluntária, memória lógica, formação de conceitos etc.), em que os estímulos são respondidos pelo homem, que os altera e os usa como um instrumento de comportamento, ou seja, os instrumentos são mediadores do comportamento humano.

O aspecto cultural da teoria envolve os meios socialmente estruturados, pelos quais a sociedade organiza os tipos de tarefas que a criança em crescimento enfrenta. A linguagem é um desses instrumentos, pois é na interação com outros sujeitos que formas de pensar são construídas por meio da apropriação do saber da comunidade em que está inserido o sujeito. E por fim, o aspecto histórico funde-se ao cultural, em que os instrumentos utilizados pelo homem para dominar seu ambiente e seu próprio comportamento, foram criados e modificados ao longo da história social da civilização. Isto é, a relação homem-mundo é uma relação mediada por signos e instrumentos utilizados pelo homem para modificar o ambiente em que está inserido. Instrumentos e signos são modificados com a evolução e o tempo histórico em que se vive. Segundo Vygotsky (2008), a aprendizagem tem um papel fundamental para o desenvolvimento do saber, do conhecimento.

De acordo com Vygotsky (1991), a aprendizagem não é um processo de transmissão direta de informações e habilidades, ou ingestão passiva de informações externas. O autor acredita que o desenvolvimento é um processo ativo, no qual o aluno tem participação efetiva. As Interações Discursivas (ID) no processo básico de aprendizagem lançam professor e aluno como interdependentes de um ambiente compartilhado. A função primária do professor não é mais a apresentação de novas informações, ganhando uma nova perspectiva que é a de direcionar corretamente a atenção do aluno. Um bom professor deve observar atentamente como o aluno se apropria de uma tarefa e intervir de uma forma que não só valida e incentiva os aspectos corretos do desempenho, mas também redireciona tudo o que não é bem-sucedido, sugerindo uma abordagem alternativa. Suportes sistemáticos são fornecidos para que o aluno alcance um objetivo, começando com sugestões e fornecendo detalhes mais específicos, conforme necessidade de cada um. A mediação cria uma significativa função de comunicação onde o adulto trabalha com o que o aluno consegue fazer.

A mediação cognitiva postulada por Vigotsky (2009), explica que a aprendizagem e o desenvolvimento acontecem a partir de processos mediados. A mediação é o processo que ocorre quando o homem se relaciona com o mundo e com outros homens. Ela é considerada

como ponto central nesse processo, pois é nela que as Funções Psicológicas Superiores (FPS) se desenvolvem.

As funções psicológicas superiores se relacionam com ações intencionais como: planejar, ter memória voluntária, imaginar. Em contrapartida, as funções psicológicas elementares (FPE) se referem ao que é biológico, extensivo, nato, reflexivo. Esclarece Vygotsky (2008, p. 73),

[...] O uso de meios artificiais – a transição para a atividade mediada – muda, fundamentalmente, todas as operações psicológicas, assim como o uso de instrumentos amplia de forma ilimitada a gama de atividades em cujo interior as novas funções psicológicas podem operar. Nesse contexto, podemos usar o termo função psicológica superior, ou comportamento superior com referência à combinação entre o instrumento e o signo na atividade psicológica.

Operar com instrumentos mediadores cria espaços de representação, onde um novo mundo emerge, o mundo da significação. Tornar um assunto significativo faz com que o sujeito se interesse e o aprendizado aconteça.

O uso de instrumentos especificamente humanos, caso dos signos, produz novas relações com o ambiente e uma nova organização do próprio comportamento. O indivíduo adquire independência em relação ao ambiente imediato, faz referência a objetos e fatos ausentes. Segundo Oliveira,

[...] são inúmeras as formas de utilizar signos como instrumentos que auxiliam no desempenho de atividades psicológicas. Fazer uma lista de compras por escrito, utilizar um mapa para encontrar determinado local, fazer um diagrama para orientar a construção de um objeto, dar exemplos de como constantemente recorremos à mediação de vários tipos de signos para melhorar nossas possibilidades de armazenamento de informações e de controle da ação psicológica. (1992, p. 30-31)

Portanto, instrumentos e signos sempre fizeram parte do cotidiano da humanidade. Dessa forma, podem fazer parte também do processo de ensino aprendizagem, e devem ser inseridos nas atividades escolares, especialmente naquelas que envolvam o ensino da Física, através de simulações da realidade, pois o uso de signos transforma o funcionamento mental e permite ao sujeito realizar operações cada vez mais complexas sobre os objetos, aumentando as possibilidades humanas de relacionar e agir no mundo.

O signo é aquilo que permite a transferência de conhecimento do plano social para o plano individual. Antes da escrita, a mediação das relações entre as pessoas ocorre através dos signos, que são internalizados ajudando no desenvolvimento de processos mentais.

Nas aulas planejadas, para que exista a interação entre sujeito e instrumentos, espera-se que o sujeito alcance alguns conhecimentos através de diferentes modos de pensar, agir e sentir. Nesse processo, também ocorre a interação entre sujeito e professor, professor e instrumentos, de modo que nem sempre haja concordância de ações e pensamentos entre as interações, desse modo os diferentes sentidos atribuídos e novas construções de conhecimento compartilhado são alcançados.

Diante disso, faz-se necessário ressignificar o mundo real, as ideias não podem ser simplesmente transferidas na sala de aula de forma mecânica, assuntos dinâmicos não podem ser apresentados de forma estática. E, para que ocorra o aprendizado, o professor deve conhecer seu aluno e levar em consideração o conhecimento prévio de cada um. Segundo Moysés (1997, p.38): “a maneira como os conceitos científicos são trabalhados na escola abre caminho para a revisão e a melhor compreensão dos conceitos espontâneos (prévios) que cada aluno traz dentro de si”. A intervenção do professor deve ser tal para que o conhecimento seja reorganizado, elevando o conhecimento do aluno a outro patamar. Segundo Barbosa e Batista (2018), citando Rego (1995), a escola tem um papel de destaque, pois além de ser responsável pela difusão do conhecimento científico elaborado e acumulado pela humanidade, o aprendizado escolar exerce influência decisiva no desenvolvimento das funções psicológicas superiores (atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar), justamente na fase em que elas estão em amadurecimento.

É necessário citar aqui, o que Vygotsky (2008, p. 109-119) chamou de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), na qual o professor identifica o que o aluno consegue realizar sozinho - ou seja, a zona de desenvolvimento real (ZDR) - e o que ainda não pode. O objetivo é fazer com que o que é feito na ZDP com a ajuda de outro, possa, em breve, ser realizado na ZDR, buscando a autonomia do sujeito. O conhecimento é uma cocriação, onde um aprende com a fala do outro. Quando uma ZDP é superada com o aprendizado novas ZDPs são criadas, e é nesse ciclo que acontece o desenvolvimento e o aprendizado.

O conhecimento e a aplicação da técnica dentro da ZDP ajudam a acelerar o desenvolvimento cognitivo, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico, e o aluno deixa de ser um mero expectador para se tornar a parte ativa no seu processo de aprendizagem. O compartilhamento de informações através do diálogo é ingrediente essencial à interação e todo aluno deve sentir-se parte integrante desse processo. O uso eficiente dessas técnicas apresenta uma otimização do desempenho do grupo de trabalho. O processo de transformar conceitos espontâneos em científicos, é facilitado e acelerado. A intervenção do professor é importante e a ajuda deve ser oferecida de maneira individual, quando e onde necessário. Além

disso, é necessário que os educadores e professores tenham conhecimento desses mecanismos psicológicos e sejam treinados para que possam desenvolver metodologias mais assertivas e eficazes no processo de aquisição do conhecimento.

1.2 A EXPERIMENTAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 2000) estabelecem três áreas de conhecimento:

- Linguagens, Códigos e suas Tecnologias,
- Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e
- Ciências Humanas e suas Tecnologias

Nessa classificação, Biologia, Física, e Química compõem as Ciências da Natureza. Em 2002, para foram lançados os complementos aos PCNEM, chamados de PCN+. Nesta publicação, foram apresentados os temas estruturantes para cada área do conhecimento por disciplina. No que tange ao ensino de Física, os temas estruturadores no Ensino Médio são:

- Movimentos: variações e conservações
- Calor, ambiente e usos de energia
- Som, imagem e informação
- Equipamentos elétricos e telecomunicações
- Matéria e radiação
- Universo, Terra e Vida. (BRASIL, 2002)

O tema “Universo, Terra e Vida” inclui tópicos de Astronomia, Cosmologia e Astrobiologia, cujas unidades temáticas são apresentadas abaixo:

- Terra e sistema solar - Astronomia
- Conhecer as relações entre os movimentos da Terra, da Lua e do Sol para a descrição de fenômenos astronômicos como a duração do dia e da noite, as estações do ano, as fases da Lua, os eclipses etc.

- Compreender as interações gravitacionais, identificando forças e relações de conservação, para explicar aspectos do movimento do sistema planetário, cometas, naves e satélites.
- O Universo e sua origem - Astrobiologia
- Conhecer as teorias e modelos propostos para a origem, evolução e constituição do Universo, além das formas atuais para sua investigação e os limites de seus resultados no sentido de ampliar sua visão de mundo.
- Reconhecer ordens de grandeza de medidas astronômicas para situar a vida (e vida humana), temporal e espacialmente no Universo e discutir as hipóteses de vida fora da Terra.
- Compreensão humana do Universo - Cosmologia
- Conhecer aspectos dos modelos explicativos da origem e constituição do Universo, segundo diferentes culturas, buscando semelhanças e diferenças em suas formulações.
- Compreender aspectos da evolução dos modelos da ciência para explicar a constituição do Universo como matéria, radiação e interações. (BRASIL, 2002)

Os PCNEM reconhecem a relevância e a necessidade de fortalecer o ensino da Astronomia na medida em que defendem

[...] que será indispensável uma compreensão de natureza cosmológica, permitindo ao jovem refletir sobre sua presença e seu “lugar” na história do Universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive, com que sonha e que pretende transformar. Assim, Universo, Terra e vida passam a constituir mais um tema estruturador. (BRASIL, 2002)

As Diretrizes Curriculares da Educação (DCE) de Física (2008) apontam que a disciplina, no Ensino Médio, possui como objeto de estudo o Universo, sua complexidade, sua evolução, suas transformações e as interações que nele ocorrem. Para que o estudante compreenda o objeto de estudo e o papel dessa disciplina no Ensino Médio será necessária uma abordagem pedagógica dos conteúdos escolares fundamentados nos conteúdos estruturantes, que são os conhecimentos e as teorias que hoje compõem os campos de estudo da Física e servem de referência para a disciplina escolar. (SÃO PAULO, 2008).

Um dos caminhos para que o aluno entre em contato com a ciência de uma forma mais prazerosa é a abordagem experimental. Segundo Moreira.

[...] o ensino da Física na educação contemporânea é desatualizado em termos de conteúdos e tecnologias, centrado no docente, comportamentalista, focado no treinamento para as provas e aborda a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro de texto.' Portanto, propostas que contribuam para um melhor entendimento de mundo através da física e traga o estudante para a posição de protagonista do processo de ensino aprendizagem é um dos objetivos a ser perseguido pois, conforme discutido por Borges '...qualquer que seja o método de ensino aprendizagem escolhido, deve mobilizar a atividade do aprendiz, em lugar de sua passividade. (MOREIRA, 2014)

Os PCNEM apresentam a Física como uma disciplina de cultura prática, isto é, uma ciência direcionada em construir uma visão clara do mundo assim como permitir competências amplas ao ser humano, da mesma forma enxergam que a realidade escolar esta pautada em apresentações de conceitos, leis e formulas, distanciando a vivencia do mundo tanto para alunos quanto para professores (GRASSELLI, GARDELLI, 2014).

Segundo Araújo e Abib (2003), a experimentação é essencial para o aprendizado de Física, como podemos conferir nas palavras a seguir:

A análise do papel das atividades experimentais desenvolvidas amplamente nas últimas décadas revela que há uma variedade significativa de possibilidades e tendências de uso dessa estratégia de ensino de Física, de modo que essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo atingir um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos. (ARAÚJO, ABIB, 2003, p.177)

A Física é tradicionalmente uma disciplina com forte enfoque teórico, isto é, sendo seu ensino baseando nos livros didáticos, em conceitos matemáticos, e exercícios de fixação. Por isso, defende-se que se busquem alternativas que possam enfrentar esse problema por meio de atividades dinâmicas. Além disso, aproximar conceitos físicos da realidade dos alunos torna o assunto significativo de modo a facilitar o aprendizado, essa aproximação desperta nos alunos maior interesse, uma visão mais assertiva da construção da ciência e pode conscientizá-los do seu papel na sociedade e de serem críticos diante de problemas ambientais e sociais a que estão submetidos (OLIVERIA, 2010).

A experimentação pode permitir ao aluno compreender diversos fenômenos naturais e, conforme Caldas (2008, p.5), “por meio da experimentação e da visualização dos fenômenos em estudo, que deixam à dimensão da abstração e são apresentados no contexto social.”

Couto (2009) expõe que os experimentos podem assumir caráter motivacional, significando que o aluno poderá realizar os experimentos por uma disposição interna para a ação, enquanto também poderia ser por interesse e fascínio pelo que seria experimentado.

Dentro do universo da experimentação, segundo Higa e Oliveira, (2012), “algumas são mais demonstrativas, priorizando, sobretudo, a observação, e outras são mais de atuação por parte do estudante, priorizando a investigação”. As atividades experimentais investigativas dos fenômenos físicos colocam o aluno como protagonista da construção da ciência e do seu conhecimento, enquanto a experiência demonstrativa apresenta uma ciência acabada, e muitas vezes vazia de significados para os alunos.

É importante que o ensino de Física para jovens não apresente esse conhecimento de forma pronta (BRASIL, 2002). Oliveira (2010) reforça essa discussão quando aponta que muitas experiências praticadas por professores são utilizadas simplesmente para reproduzir teorias já estabelecidas, em que o aluno apenas a reproduz seguindo um passo a passo. “Na experimentação clássica a discussão, a crítica e a autonomia se apresentam, quando se apresentam, com muita timidez” (OLIVEIRA, 2010, p.70), o que não traz aprendizado nenhum.

Segundo Gaspar (2005, p.18) as atividades experimentais são relevantes para desenvolver no aluno perspectivas quantitativas e qualitativas, permitem propor e verificar hipóteses tornando os dados significativos além de possibilitar previsões sobre experimentos. A apropriação de técnicas, métodos e debates é que possibilitará que o aluno valide o experimento e os resultados obtidos.

Cabe ressaltar a importância do papel do professor na elaboração das atividades, diversificando-as e aproximando-as das características científicas, através da investigação e aplicação dos conhecimentos. Oliveira (2010), ressalta:

As experiências realizadas pelo Nobel em Física, Leon Ledermam (1922), em Chicago, nas décadas de 1980 – 1990, corroboram a ideia de que a experimentação, quando trabalhada de forma mais abrangente é um fator que agrega não apenas conhecimentos teóricos, mas também combate o repúdio prévio que comumente é manifestado pelos jovens em relação às ciências, principalmente as tidas como *exatas*. (OLIVEIRA, 2010, p. 70)

Segundo Grasselli et. al (2014), as atividades experimentais são ferramentas essenciais e de extrema eficácia para se contextualizar os fenômenos físicos, significando verificar leis e

teorias e assim fazer os alunos refletirem sobre os conceitos abordados. O professor, ao trabalhar a experimentação nas aulas de Física, tem a oportunidade de explicitar os fenômenos físicos conforme as experiências vão evoluindo, e, quando assume uma posição questionadora permite que os alunos possam expor suas ideias.

Percebe-se nos autores citados uma convergência na busca pelo protagonismo do aluno quanto ao seu aprendizado, estimular essa participação ativa com o desenvolvimento de habilidades, atitudes e competências de fazer Ciências, envolvendo o aluno no seu aprendizado, construindo um ambiente motivador e rico em situações novas, corroboram Araújo e Abib (2003). Ainda segundo esses autores, a experimentação no ensino de Física “tem sido apontada por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente” (p.176).

Com a perspectiva de colocar o aluno protagonista do seu aprendizado, esse trabalho foi desenvolvido utilizando o radiotelescópio como mediador da aprendizagem, pois é através da interação com ele que os alunos protagonizam a sua aprendizagem. A formação de conceitos, ainda segundo Vygotsky (1991), faz parte do processo de internalização e é caracterizado pelo confronto entre o conhecimento espontâneo, aquele que é adquirido no dia a dia da criança em seu ambiente de convivência e o conhecimento científico, este adquirido de forma sistematizada através de metodologias que inferem o ensino e aprendizado desenvolvido no ambiente escolar. É no relacionamento desses conceitos e na influência que um exerce sobre o outro, que segundo Vygotsky (1991) fazem parte de um processo único: o desenvolvimento da formação de conceitos. O indivíduo desenvolve esses conhecimentos através de vivências, experiências e atitudes percorridas por diferentes caminhos, enquanto os conhecimentos espontâneos acontecem de forma não sistematizada e desordenada, os conhecimentos científicos são sempre mediados por outros conceitos e, segundo Vygotsky (1991), “a ausência de um sistema é a diferença psicológica principal que distingue os conceitos espontâneos dos conceitos científicos” (p.99). Assim existem interações entre essas duas formas oferecer respostas a questões de ciência, uma vez que os conceitos científicos só são possíveis de serem assimilados com a superação e/ou adequação dos conceitos espontâneos existentes nos indivíduos

CAPÍTULO 2

A FÍSICA POR TRÁS DO ASSUNTO

Segundo Miranda (2018), “a Astrofísica estuda os objetos e as estruturas que formam o Universo em que vivemos, desta forma o meio ambiente onde a terra está inserida”. Com seu surgimento em meados do século XIX foi conjugado um conjunto de grandes descobertas de cunho científico a partir do desenvolvimento de novas tecnologias e processos que proporcionaram a evolução de instrumentação de precisão como telescópios, lunetas, radiotelescópios etc.

A partir do fim do século XIX, os estudos astrofísicos no Brasil são conduzidos principalmente no Observatório Nacional com observações espectroscópicas e de fotometria de astros e a implantação de linhas de pesquisa em Astrofísica e durante a primeira metade do século 20, manteve colaboração internacional nas áreas de Astronomia como projetos de observação de estrelas duplas (FERRAZ-MELLO, 1986).

Astrônomos de todo o mundo usam radiotelescópios para observar as ondas de rádio emitidas naturalmente a partir de estrelas, planetas, galáxias, nuvens de poeira e moléculas de gás que estão localizados acima de nossa atmosfera. Apesar de grande parte da população estar mais familiarizada com as descobertas associadas a Astronomia a partir da luz visível ela não é suficiente para desvendar toda a história das estrelas, planetas, galáxias etc. Para obter um entendimento mais amplo de um quasar² distante ou um planeta, por exemplo, os astrônomos o estudam a partir de um amplo espectro eletromagnético, incluindo inclusive, as faixas de ondas de rádio.

Historicamente, o espectro visível, sempre foi a região do espectro eletromagnético mais usada pelos astrônomos na Cosmologia e Astronomia, no entanto, em 1932, segundo Kuhlberg (2014, p.3 apud RAISANEN, LEHTO, 2011, p. 255), Karl Jansky, foi designado a investigar uma interferência nas comunicações via rádio transmitidas pelo Atlântico. Ele elaborou um receptor de rádio, que era semelhante a um carrossel, capaz de captar ondas de rádio vindas de

² Quasar: rádio emissor quase estelar, são objetos mais brilhantes no universo, quasares residem no centro ativo de galáxias e são formados por colisões de galáxias e ou buracos negros.

todas as direções (por isso chamado carrossel de Jansky), e acabou descobrindo (por acaso) que esse “ruído” (comprimentos de onda na ordem de ondas de rádio) era emitido pela Constelação de Sagitário, que é o centro da Via Láctea. A descoberta de Jansky foi o motivador para que Grote Reber, um rádio operador e engenheiro, em 1937 construísse uma rádio antena em seu quintal e varresse o céu em busca de sinais de rádio, sendo ele o único rádio astrônomo em uma década. Em 1938 ele alcançou o que desejava, captar ondas de rádio galácticas. Reber se tornou pioneiro no que hoje é chamado de Radioastronomia. Em virtude de seu trabalho, depois da segunda guerra mundial, muitos cientistas desenvolveram antenas cada vez maiores para estudar o Universo e trabalhos importantes foram conduzidos, como descoberta da radiação de fundo, teorizada por Gamow e confirmada por Penzias e Wilson (REBER, 2004). No Brasil um grupo de astrônomos liderado por Pierre Kaufmann do Mackenzie inaugurou um departamento de Radioastronomia em 1959 e este grupo construiu e inaugurou em 1960 o primeiro radiotelescópio do Brasil, fazendo com que a Radioastronomia fosse iniciada no país (KAUFMANN, 1966).

Depois disto, a Radioastronomia se desenvolveu de forma gradual e hoje é parte importante da Astronomia. Atualmente, destaca-se o observatório de radioastronomia de Itapetinga, na região de Atibaia, que foi estabelecido no ano de 1970, supervisionado pela Universidade Mackenzie, e mais recentemente, em 2017, o projeto *LARGE LATIN AMERICAN MILLIMETRIC ARRAY* entre Brasil em Argentina, para construção de um radiotelescópio de 12 m de diâmetro, supervisionado pelo IAG (Instituto de Astronomia e Geofísica). A técnica é capaz, por exemplo, de detectar sinais extremamente fracos e amplificá-lo a fim de que sua identificação seja confiável. Um exemplo prático seria um celular na Lua emitindo 1 W em todas as direções. Essas emissões seriam medidas aqui como $5 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$. Um radioastrônomo na Terra detectaria este sinal com fonte de rádio extremamente forte (KUHMBERG apud LEHTO 2006, p. 245). Objetivamente, equipamentos de Radioastronomia devem ser capazes de medir sinais fracos que chegam até a antena e separá-los de sinais gerados pelo homem. Desta forma, foi objeto deste projeto de mestrado construir um radiotelescópio de baixo custo que fosse capaz de identificar as emissões na frequência de 1420 MHz (de Linha de Hidrogênio) a partir do centro galáctico. Segundo a Aeronautical University (2016), para a captura de chuva de meteoros podem se escolhidas 6 faixas de frequência entre 85MHz e 108MHz, a escolha deve ser para aquelas faixas que apresentam baixo ruído e que não possuem nenhuma estação, isto é, sem sintonia ou estática sendo recebida. Para garantir que a faixa está

“vazia” é recomendado sintonizá-la pela manhã e pela noite. A frequência de 105.179.000 Hz foi a escolhida por este estudo para a captura de chuva de meteoros.

Por isso, diante de um universo oculto que segue irradiando em comprimentos de ondas e frequências que não podemos ver com nossos olhos, a Radioastronomia é uma ferramenta essencial para que a Astronomia e o crescimento do conhecimento sobre nosso universo sejam desenvolvidos.

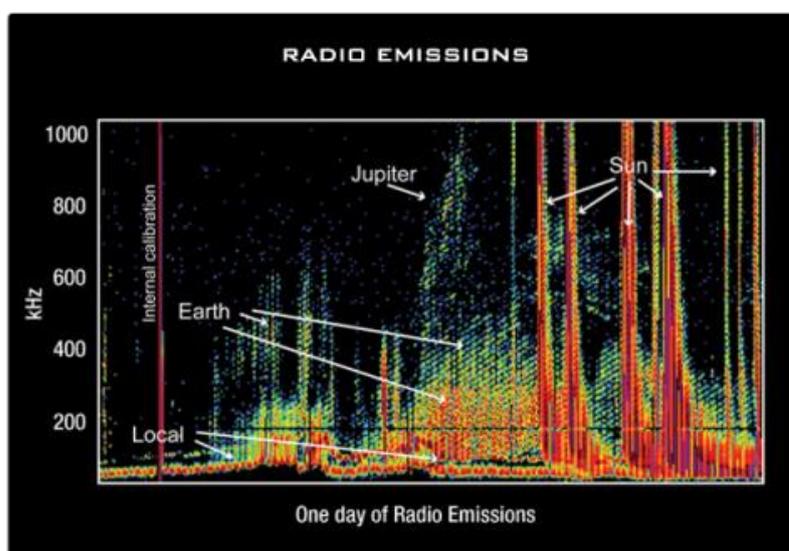
Como cada objeto no cosmos emite padrões únicos, é possível a partir de um espectroscópio³, por exemplo, obter uma “imagem” completa de um objeto distante. Esse é o objetivo dos radioastrônomos: estudar as emissões das estrelas, planetas gigantes gasosos, nuvens de poeira etc. Além disso, é possível, a partir do mesmo ferramental, estudar as explosões de galáxias ou, até mesmo, os sinais de uma estrela que está morrendo. Ao estudar as ondas de rádio originárias dessas fontes, os astrônomos podem identificar sua composição, estrutura e, inclusive, padrões de movimento.

A figura 2.1 mostra um exemplo de espectros de emissão de várias fontes, incluindo explosões solares⁴, da Terra e até da ionosfera de Júpiter, cujos comprimentos de onda são da ordem de quinze metros ($\lambda = 15$ m). Note, por exemplo, as emissões causadas por rajadas de ondas de rádio do Sol lançadas no espaço durante explosões solares. A radiação emitida durante estas explosões movem-se a 20% da velocidade da luz (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2010).

³ Espectroscópio é o instrumento utilizado para identificar, através da análise da luz quais elementos químicos do objeto a ser estudado. MILONE, et al, 2018

⁴ Explosão solar é uma súbita liberação de energia com segundos de duração que acontece nas manchas solares, chamadas pelos pesquisadores de regiões ativas. Nesses locais há uma concentração de energia armazenada em plasma – composto por partículas, principalmente elétrons, confinadas em uma estrutura magnética. Quando há alguma instabilidade nessa região, ocorre a explosão originando radiação eletromagnética e ejetando partículas para o meio interplanetário. KAUFMANN, 2012.

Figura 2.1 Gráfico representativo das emissões de rádio frequência dos corpos celestes: Terra, Júpiter e Sol com suas respectivas amplitudes de radiação



Fonte: NASA. Radio waves. https://science.nasa.gov/ems/05_radiowaves, Acesso em: 11 maio 2020

Diante de sua relevância técnica, é necessário compreender os conceitos físicos associados a Radioastronomia e ao funcionamento do radiotelescópio. Na seção abaixo são apresentados tais conceitos.

1.3 UM POUCO DE ONDULATÓRIA

Segundo Halliday e Resnick (2016), as ondas podem ser classificadas em três tipos: Ondas Mecânicas, Eletromagnéticas e de Matéria. As primeiras delas são mais conhecidas porque as presenciamos mais rotineiramente, como ondas do mar, ondas sonoras e ondas sísmicas. Estas possuem características próprias, são governadas pelas Leis de Newton e se propagam em meio material, tais como água, rochas, ar e muitos outros. Ondas Eletromagnéticas são comuns nos sistemas tecnológicos, ondas de rádio, luz visível, luz não visível infravermelho e ultravioleta, microondas, raios X e raios gama. Estes tipos de ondas não precisam de meio de propagação. Diretamente ligado a este estudo, as luzes de estrelas longínquas atravessam o vácuo do espaço sideral até chegar na Terra. Por fim, as Ondas de Matéria são usadas em laboratório de Física de partículas, são associadas às partículas elementares, prótons e elétrons, são assim chamadas pois normalmente essas partículas são pensadas como elementos básicos da matéria. Como citado anteriormente, as Ondas

Eletromagnéticas estão no foco deste trabalho, pois os sinais, ou radiações, que são posteriormente detectadas, viajam através do espaço sideral em ondas.

Independentemente do tipo de onda, existem características conceituais que são inerentes a todas. Por exemplo, cada onda ou ondulação tem um pico e um vale, que é chamado de ciclo. Um objeto que emite ondas de rádio emite muitos ciclos em um período muito curto de tempo. Durante cada ciclo, a onda se move uma curta distância, chamado de comprimento de onda (λ).

Para compreensão clara, as ondas de rádio de todos os tipos, o número de ciclos por segundo é chamado de frequência: um ciclo por segundo é chamado de um hertz (Hz). Os radioastrônomos estão mais interessados em objetos que emitem na faixa de frequências entre 3 kHz e 900 GHz. Pode-se também fazer a mesma análise em termos de comprimentos de onda (λ). A variação estaria entre uma onda de rádio de 100 quilômetros a ondas com menos de um milímetro de comprimento (GHIGO, 2003)

As ondas de rádio podem ser emitidas de objetos e atividades energéticas no universo, bem como objetos frios e escuros que não emitem luz visível. Como diferentes comprimentos de onda são emitidos por diferentes objetos, os radio astrônomos usam uma variedade de métodos e instrumentos para detectá-los. Um tipo de instrumento é uma antena grande que se parece com uma antena parabólica (conforme objeto deste projeto) que é chamado de radiotelescópio. Embora os radiotelescópios de uma única parabólica sejam essenciais, os telescópios de grandes organizações consistem em muitas parabólicas ligadas em conjunto para reunir imagens de rádio ⁵detalhadas de objetos distantes.

Como os seres humanos são uma espécie visual, ver ou "criar imagens" é uma parte importante de toda a Astronomia, independentemente do tipo de luz que está sendo estudada. Embora os radiotelescópios não tirem fotos da mesma maneira que os telescópios de luz visível, os sinais de rádio que detectam são convertidos em dados que podem ser usados para criar imagens. Os fluxos de dados de Radioastronomia são reunidos e processados em um supercomputador. A saída pode ser transformada em imagens coloridas de maneiras diferentes para mostrar características do objeto, como temperatura, aglomeração ou intensidade das emissões de rádio de diferentes regiões. As imagens resultantes permitem que os cientistas e o público vejam os objetos de rádio invisíveis (KRUGER, 1979).

⁵ Imagens de rádio são obtidas através das ondas de rádio capturadas, amplificadas e digitalizadas pelo receptor do radiotelescópio e a partir dessas informações pode-se fazer uma varredura sequencial da área celeste onde se encontra esse objeto e a partir dessas informações, com a ajuda de ferramentas matemáticas, os astrônomos conseguem criar uma imagem de rádio.

1.4 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E A RADIAÇÃO CELESTE

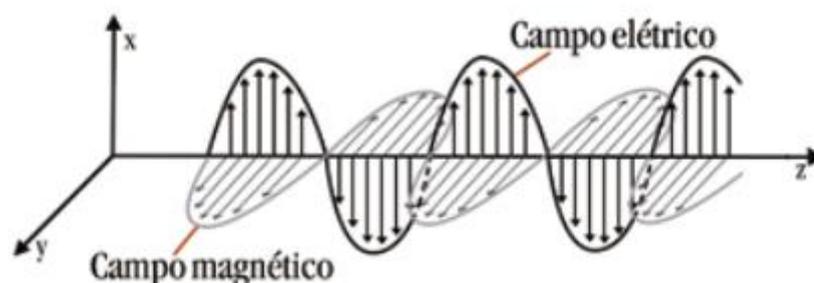
Em 1864, James Clerk Maxwell demonstrou que a luz é produzida por cargas elétricas que estão se movimentando, portando diz-se que ela possui característica de uma onda eletromagnética que transporta energia sem transportar matéria e, por conseguinte, produz fenômenos eletromagnéticos.

Maxwell apresentou de forma teórica a presença de campos elétricos e magnéticos, sendo que elas se propagam como ondas, isto é, possuem propriedades de reflexão e refração. As Ondas Eletromagnéticas são campos variáveis que se deslocam espontaneamente: o campo magnético se modifica no espaço e o campo elétrico no tempo e vice-versa, isto permite que se propague no espaço sideral.

As ondas previstas por Maxwell, foram nomeadas Ondas Eletromagnéticas e são ondas também conhecidas como ondas transversais, isto é, direção de vibração é perpendicular a direção de propagação e movimentam-se com a velocidade da luz de 300.000 km/s, no vácuo, e nos meios materiais com velocidade inferior da luz.

Em 1879, Heinrich Hertz consegue demonstrar experimentalmente a teoria de Maxwell. O dispositivo projetado por Hertz possuía um solenoide, com as extremidades conectadas a um gerador (“bobina de Ruhmkorff”), que produzia periodicamente descargas elétricas através do ar, nas extremidades do solenoide. As descargas elétricas geravam campos magnéticos variáveis no tempo. Segundo a lei da Indução de Faraday, nestas condições, aparece um campo elétrico variável, associado ao campo magnético, conforme visto na Figura 2.2, este “pulso” eletromagnético se propaga pelo espaço. Hertz criou um detector, formado de uma espira aberta, com seus terminais próximos um do outro. Nos testes realizados, isto é, no momento de cada pulso produzido pelo gerador, uma faísca era identificada entre os terminais do receptor, evidenciando experimentalmente da existência de Ondas Eletromagnéticas

Figura 0.1 Acoplamento de um campo elétrico com um campo magnético. Ou seja, dois campos fisicamente ligados produzem um único conjunto, assim chamado campo eletromagnético.



Fonte: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/livro_didatico/fisica.pdf em 13/06/2020

Tendo o trabalho de Maxwell como base, ficou notório a natureza eletromagnética da luz. Os trabalhos permitiram a unificação das ideias da Eletricidade e do Magnetismo, que eram estudados separadamente, juntamente com a Ótica. Os três campos citados passaram a ser analisados como fenômenos eletromagnéticos.

Todos os fenômenos eletromagnéticos estão associados a três grandezas:

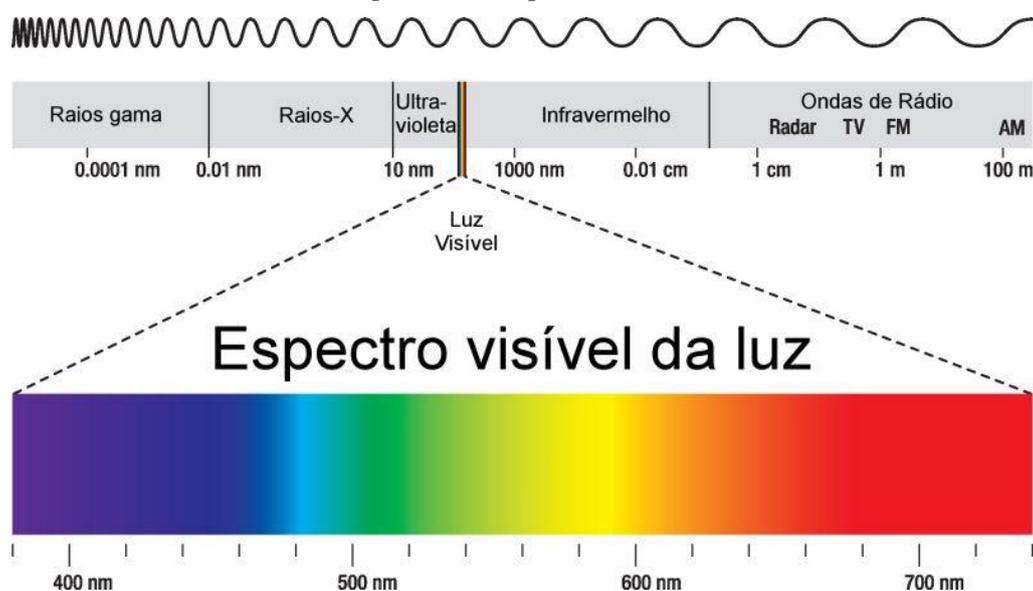
- o comprimento de onda (λ);
 - a. $\lambda = v/f$
- a frequência (f);
 - a. $f = 1/T$
- a velocidade (v).
 - a. $v = \lambda \cdot f$

No caso das radiações eletromagnéticas, a luz visível – que sensibiliza os olhos e podemos enxergar, as ondas de rádio – faixas de rádio que captamos através dos receptores comerciais, raios X – usados nos aparelhos de medicina, ultravioleta – usados como antibactericida, infravermelho – usados em câmeras e dispositivos militares, micro-ondas – usados em aparelhos eletrodomésticos e raios gama – ver figura 2.2.

2.2.1. Espectro Eletromagnético

Quando olhamos para o céu a olho nu ou usando um poderoso telescópio, os olhos recebem radiação das estrelas. Dentro do espectro eletromagnético, essa radiação é identificada como espectro da luz visível. Note a presença das ondas de rádio no lado direito da figura 2.2.

Figura 0.2 Ilustração do espectro eletromagnético, observando as diferentes faixas de frequência e respectivos comprimentos de ondas.



Fonte: infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnético (em 02/03/2020)

Ondas Eletromagnéticas ou Radiação Eletromagnética, é produzida e detectada em um intervalo muito grande de frequências, normalmente elas são categorizadas conforme figura 2.2 acima.

Um radioastrônomo que observa as estrelas com um radiotelescópio recebe também radiações conhecidas como ondas de rádio ao invés de luz visível. O observador de ondas de rádio pode montar um chamado “quadro do rádio universo”, que significa que o rádio astrônomo identifica diversos sistemas celestes a partir da captura de frequências de rádio através das quais é possível criar um mapa do universo.

2.2.2. Radiação celeste - enxergando o invisível partir da Terra

A Radiação Eletromagnética vinda do espaço que atravessa a atmosfera terrestre é decorrente de diferentes fontes, como estrelas, planetas, nossa própria galáxia e buracos negros.

A vastidão do espaço ainda não é totalmente conhecida pelo homem, por isso novos objetos e novas fontes emissoras ainda podem ser encontrados usando a “janela” de ondas de rádio (LATTARI, TREVISAN, 2001). Galáxias são fortes emissoras de ondas de rádio, por isso a Radioastronomia traz enorme progresso, revelando mistérios sobre galáxias conhecidas como quasares. Uma das qualidades mais importantes dos quasares são seus elevados níveis de radiação e rápida mudança em seu brilho, pois são 100 a 1000 vezes mais brilhantes que uma galáxia regular (PORTAL JORNAL USP, 2017).

Diferentes fontes emitem diferentes tipos de ondas. O Sol, por exemplo, envia uma grande variedade de Radiação Eletromagnética em direção ao planeta Terra.

Diferentes faixas de regiões do espectro eletromagnético são denominadas de “janelas⁶” como, por exemplo, a janela do visível na faixa de aproximadamente 375.000 a 1.000.000 GHz e a janela de rádio entre 0,015 e 1.300 GHz.

As frequências do espectro eletromagnético também podem ser entendidas a partir do comprimento de onda, segundo a relação:

$$c = f \cdot \lambda \quad (1)$$

onde λ é o comprimento de onda (metros), c a velocidade da luz no vácuo (m/s) e f a frequência (Hz). Nota-se que o comprimento de onda é inversamente proporcional à frequência da onda: quanto maior a frequência menor o comprimento de onda e vice-versa. Quando se movendo no espaço, a velocidade da onda eletromagnética é fixa e igual à velocidade da luz no vácuo ($c \approx 300.000.000$ m/s).

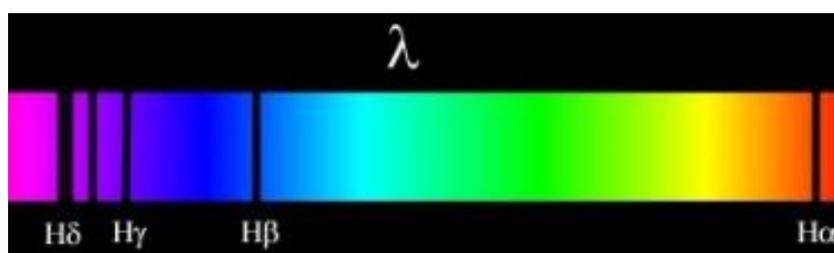
1.5 ESPECTROSCOPIA ASTRONÔMICA

Espectroscopia é uma ferramenta astronômica capaz de identificar a composição química das estrelas através da decomposição da luz, dessa forma “se chega à distribuição espectral de energia da fonte, com informação sobre a composição química já que distintos íons de cada substância presente no corpo emissor da luz deixam sua “impressão digital” no espectro emitido” (PICAZZIO, 2011).

⁶ Janelas do espectro eletromagnético: são as diferentes regiões de frequência como: ondas de rádio AM e FM, micro-ondas, infravermelho, visível, ultravioleta, raio x e raios gama.

A Figura 2.3, apresenta a imagem de um espectro utilizando a técnica da espectroscopia astronômica, que inclui a luz visível e rádio, que irradia de estrelas e outros objetos celestes, isto é, estudo da absorção e emissão de luz e outras radiações pela matéria, relacionadas à dependência desses processos ao comprimento de onda da radiação. Mais recentemente, a definição foi expandida para incluir o estudo das interações entre partículas como elétrons, prótons e íons.

Figura 0.3 Imagem de um espectro com linhas de absorção de hidrogênio



Fonte: Oliveira Filho, 2014, p. 217

Um espectro estelar pode revelar muitas propriedades, um átomo isolado só emite comprimentos de ondas específicos, agora muitos átomos aglomerados e comprimidos definindo um material podem emitir radiação em uma banda larga de linhas (comprimentos de ondas), apresentando assim sua composição química, através de seus espectros de emissão ou absorção podemos estimar as composições por meio de modelos físicos, temperatura, densidade, massa, distância, luminosidade e movimento relativo usando medidas de deslocamento Doppler. A espectroscopia também é usada para estudar as propriedades físicas de muitos outros tipos de objetos celestes, como planetas, nebulosas, galáxias e núcleos galácticos ativos.

Átomos, íons e moléculas podem fazer transições de um estado quântico em valores discretos, isto é, 1,2, 3...., podendo interagir somente em certos comprimentos de onda, dessa forma, propriedades de emissão e absorção são descritos em linhas espectrais. Tais transições podem ser espontâneas ou podem ser induzidas pela aplicação de campos eletromagnéticos externos apropriados nas frequências ressonantes⁷. Transições também podem ocorrer em átomos, moléculas e íons entre estados eletrônicos de alta energia próximos ao limite de ionização⁸. Os espectros resultantes são conhecidos como espectros de radiofrequência (rf) ou

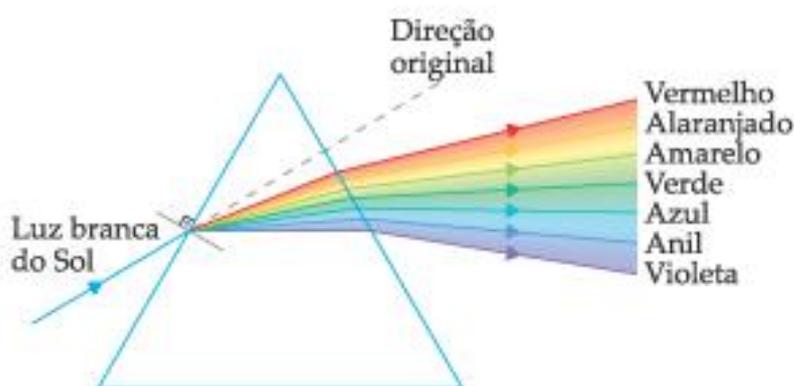
⁷ A frequência ressonante é a oscilação de um sistema em sua ressonância natural ou não forçada.

⁸ Limite de ionização: mínimo de energia que é necessário para remover um elétron de um átomo neutro ou molécula de seu estado fundamental

espectros de micro-ondas; eles são observados tipicamente na faixa de frequência de 10^6 a 10^{11} hertz (HURST, PAYNE, MARVIN, WAGNER, EDWARD, 1976).

Se alguma vez você já brincou com um prisma comum, deve ter observado que um pedaço de vidro pode dividir a luz em seus vários comprimentos de onda, porque o índice de refração do vidro é dependente do comprimento de onda. Assim, a luz vermelha (o maior comprimento de onda) inclina menos em relação a normal, enquanto a luz azul/índigo (menor comprimento de onda) inclina mais em relação a normal, figura 2.4. Se você projetar isso em uma lousa branca, verá um espectro de cores, conforme os experimentos de ótica realizados por Issac Newton (TEACHER LEADERS, 2004).

Figura 0.4 Ilustração do espectro eletromagnético, observando as diferentes faixas de frequência e respectivos comprimentos de ondas



Fonte: <https://www.vestibulandoweb.com.br/fisica/teoria/introducao-optica.asp> (em 13/03/2020)

As grades de difração são várias e possuem pequenas fendas paralelas muito próximas, podendo ou não ter espelhos entre elas e vidros que servem para dispersar a luz (difração) de maneira muito mais regular do que se tivesse apenas duas fendas e, portanto, são usadas com frequência em espectrógrafos astronômicos para uma melhor qualidade de elementos químicos a serem estudadas. Muitos espectrógrafos modernos de imagem de dupla capacidade usam grismas, que são uma combinação de doppler com um prisma, de modo que um comprimento de onda central da luz passe através do grisma em linha reta. Isso permite alta produtividade e melhora a qualidade das observações do seu espectro e facilita a realização de imagens do alvo científico a ser estudado, para esse projeto é o Sagitário A, adicionando valor a espectroscopia.

O espectro contínuo ⁹ de uma estrela é útil para determinar a temperatura de sua superfície, mas a maior parte do que se sabe sobre estrelas é determinada a partir das muitas linhas espectrais vistas a partir de seu espectro.

Uma inspeção cuidadosa do espectro de uma estrela revelará muitas linhas de absorção ¹⁰para algumas, e para outras revelará linhas de emissão¹¹. Essas linhas espectrais podem ser usadas para determinar uma vasta quantidade de informações sobre elas, incluindo temperatura, composição, tamanho, velocidade e idade, bem como outras propriedades. A maior parte do que sabemos sobre estrelas foi determinada pelo estudo de suas linhas espectrais (Tabela 2), que obedecem a sequência de letras “O,B,A,F,G,K,M”, sendo O a mais quente e M a mais fria, inicialmente, a sequência de letras era iniciada em A indo até fim do alfabeto e o critério de classificação utilizado era a quantidade de hidrogênio que a estrela continha, anos depois as mesmas passaram a ser classificadas pela temperatura, da mais quente para a mais fria, alterando assim a ordem das letras (TEACHER LEADERS, 2004).

⁹ Espectro contínuo: é o conjunto de cores obtidos pela dispersão da luz onde as energias estão distribuídas de forma contínua em uma determinada faixa de valores (OLIVEIRA, 2014).

¹⁰ Linhas de absorção: linhas escuras obtidas ao transmitir luz branca através da amostra. As linhas escuras estão sempre nas mesmas posições das linhas claras emitidas pela mesma amostra (OLIVEIRA, 2014).

¹¹ Linhas de emissão: linhas coloridas obtidas pela dispersão da luz emitida pela amostra. Cada linha corresponde a um determinado comprimento de onda (OLIVEIRA, 2014).

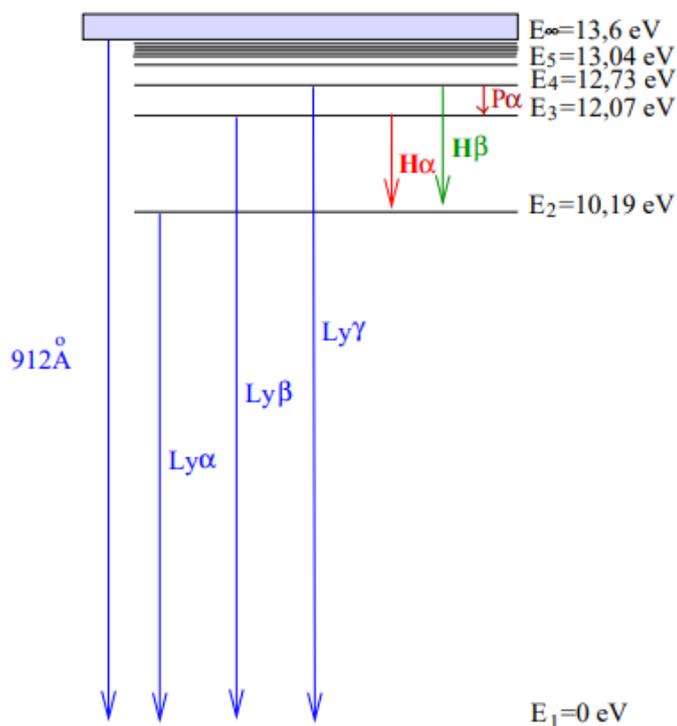
TABELA 2.1 Propriedades espectrais de diferentes classes.

Classe	Cor	Temperatura (K)	Exemplos	Linhas espectrais
O	Azul	>30.000	Naos	He ionizado, H fraco
B	Azul Claro	9500-30.000	Alnilam	H forte, He neutro
A	Branco	7000-9500	Sirius Vega	No He, H forte
F	Amarelo Claro	6000-7000	Canopus Polaris	H forte, metais ionizados
G	Amarelo	5200-6000	O Sol, Capela	H fraco, metais neutros
K	Laranja	3900-5200	Arcturus, Aldebaran	H muito fraco
M	Vermelho	<3900	Betelgeuse	H extremamente fraco

Fonte: <https://www.noao.edu/education/astrobits/files/Stellar-Spectroscopy-Abits.pdf> (em 13/06/2020)

O hidrogênio é de fato o elemento mais comum no universo, muitas de suas “linhas” recebem nomes especiais, exemplificando Ly α é linha ultravioleta ultra forte que é produzido pelo hidrogênio neutro HI, que faz parte da série de Lyman das linhas de hidrogênio. H α , H β , H γ etc. são linhas óticas fortes que são parte das séries de Balmer.

Figura 0.5 Níveis de Energia do Hidrogênio



Fonte: OLIVEIRA,2014

O átomo de hidrogênio e seu espectro eletromagnético detém importantes “linhas” para Astrofísica e seus estudos. A Série de Lyman, mencionada acima é um relevante evento para análise espectroscópica do hidrogênio, apresentando transições do nível E_n para o nível $E(n=1)$, que representa estado fundamental do átomo de hidrogênio. Da mesma forma que a Série de Balmer, estuda os níveis E_n para $E(n=2)$, que representam níveis de energia.

Descrevendo de forma didática, os elétrons ocupam distâncias fixas do núcleo do átomo, são locais onde os elétrons têm densidade de probabilidade de estar. Os níveis de energia são como degraus de uma escada, você pode estar em um degrau ou em outro, mas não no meio deles. Os elétrons se comportam da mesma forma, eles ocupam um nível de energia ou outro, mas não entre níveis de energia, conforme mostra a figura 2.5 (OLIVEIRA 2014).

Regiões HI indicam átomos neutros, comparando com regiões HII que representam átomos ionizados, isto é, átomos que perderam um elétron. Por exemplo, uma nebulosa HI é constituída de hidrogênio atômico neutro e uma nebulosa HII consiste em hidrogênio ionizado, dessa forma regiões HII são quentes, isto é, temperaturas extremamente elevadas, da ordem de milhares de Kelvin (K).

As regiões HI, que são objeto deste estudo, estão espalhadas por toda galáxia, e o uso do radiotelescópio didático permite a captura e análise de comprimento de onda de 21 cm que é também chamada de “linhas de hidrogênio”.

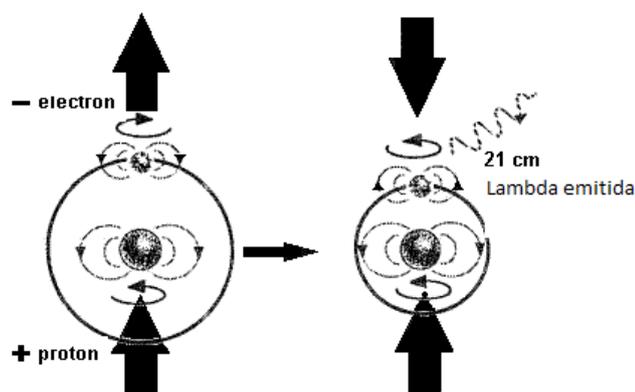
Hidrogênio no espaço sideral desde que distantes de fontes quentes, estrelas classe O e B estão no seu estado natural neutro, não ionizados, a maioria do gás hidrogênio no meio interestelar está sob a forma atômica fria, quando possui temperaturas menores que 3900 K ou molecular, isto é, se apresenta sob a forma de gás estelar. Em 1944 Hendrik van de Hulst teorizou que o hidrogênio sob a forma atômica fria poderia emitir um comprimento de onda particular em função de uma mudança de energia no átomo de hidrogênio (comprimento de onda de 21.1 cm), conforme figura 2.6. Mesmo que este tipo de transição seja raro, a existência de uma quantidade exorbitante de gás hidrogênio no meio galáctico permite a emissão constante e suficiente desse hidrogênio na radiação de 21.1 cm de comprimento de onda a todo momento, os quais são facilmente detectados pelos radiotelescópios. A maior parte do gás hidrogênio está no plano galáctico que é uma forte fonte de ondas de rádio, onde está localizado Sagitário A, que é objeto de estudo desse trabalho (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2006).

1.5.1 Espectros de emissão de hidrogênio

Uma das razões pela qual se observa tão atentamente emissões de radiofrequências das estrelas deve-se as ondas de rádio de nuvens de gás e poeira cósmica que são resquícios de supernovas e explosões de estrelas. Especificamente, neste estudo, a frequência de interesse nas observações é de 1420 MHz, que é uma das mais importantes frequências na Radioastronomia. Esta frequência está diretamente relacionada a linhas de hidrogênio (da ordem de $\lambda = 21.1$ cm) que têm sido muito usadas para fazer um retrato da estrutura da galáxia em que o planeta Terra está inserido, a Via Láctea (KUHMBERG, 2014, p. 312).

Quando no estado fundamental, o hidrogênio pode assumir dois níveis de energia diferentes (figura 2.6), pois os momentos magnéticos do próton e do elétron são paralelos (de alta energia) ou antiparalelos (de baixa energia). Quando as transições ocorrem entre esses dois estados como resultado de colisões aleatórias entre átomos, um fóton de energia é emitido ou absorvido a uma frequência de 1420,406 MHz (mais precisamente, 1420,405751786 MHz).

Figura 0.6. Estados energético possíveis para núcleo de hidrogênio do meio galáctico.



Fonte: AUSTRALIAN JOURNAL OF ASTRONOMY. [Simple observations of 21 cm hydrogen line emission](#). Disponível em:

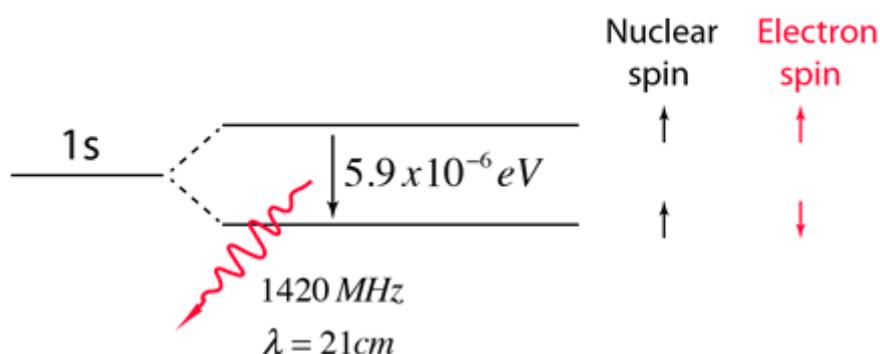
<https://www.spaceacademy.net.au/spacelab/projects/hlineobs/hlineobs.htm>, Acesso em: 11 maio de 2020

Os dois estados são originados do fato de que tanto o spin elétron quanto o spin nuclear são $1/2$ para o próton. O próton e o elétron, que constituem o átomo de hidrogênio, possuem spin e momento magnético (conforme setas maiores na figura 2.6). Quando estes momentos são

paralelos, figura 2.6, imagem da esquerda, o átomo está em estado de energia alto, quando for antiparalelo, figura 2.6 imagem da direita, o átomo está em estado de energia baixo.

Nesta frequência, é possível que a radiação penetre nas nuvens de poeira e dessa forma possa ser captada por um radiotelescópio detalhando as características de hidrogênio daquela região. Expandindo a compreensão, a frequência de 1420,406 MHz (a partir de agora apresentada somente por 1420 MHz) vem da transição de níveis no hidrogênio a partir de seu estado fundamental. Neste processo, ocorre o que é conhecido como interação “hiperfina” (figura 2.7), ou seja, a interação do elétron com o campo magnético criado pelos spins nucleares oscilantes. Por causa das propriedades quânticas da radiação, o hidrogênio em seu estado de mais baixa energia (estado fundamental) irá absorver 1420 MHz e, posteriormente, emitir esta mesma frequência de radiação.

Figura 0.7 Ilustração do processo de transição de energia do átomo de hidrogênio na emissão e absorção de rádio frequência em 1420 MHz.



Fonte: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/h21.html>.

Acesso em: 10 outubro de 2020

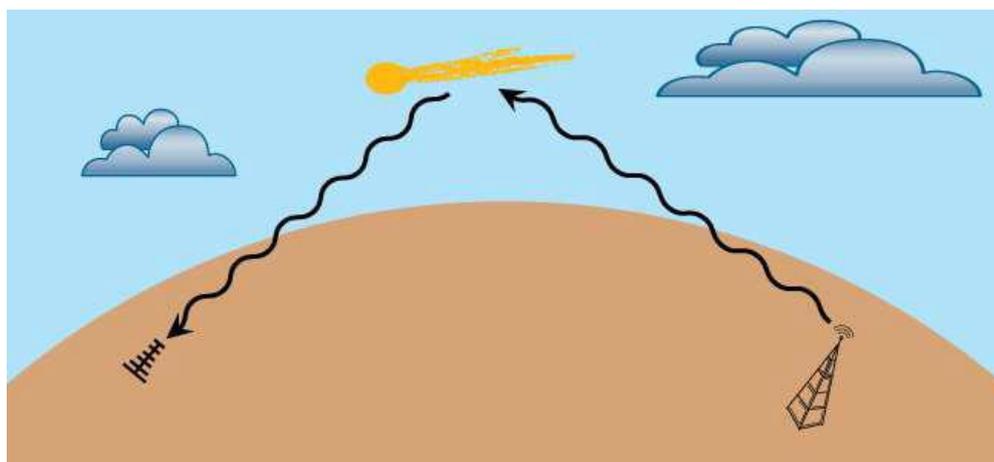
1.5.2 Eco de chuva de meteoros

Quando um meteoro entra na atmosfera superior da Terra, ele excita as moléculas de ar, produzindo um faixo de luz e deixando uma trilha de ionização com dezenas de quilômetros de comprimento. Esta trilha ionizada pode persistir por menos de 1 segundo até vários minutos. Ocorrendo a alturas aproximadas de cerca de 85 a 105 km, esta trilha é capaz de refletir ondas de rádio de estações transmissoras localizados em terra, semelhante à luz que reflete a partir de

uma superfície espelhada. Reflexões de ondas de rádio de meteoros também são chamados de ecos de meteoro.

Se as ondas de rádio do transmissor atingirem a trilha de meteoro em um ângulo perpendicular, então o sinal refletido será direcionado para o transmissor original. Isto é chamado “*back-scatter*”. No “*forward-scatter*”, o transmissor e o receptor estão separados frequentemente por centenas de quilômetros ou mais, então o sinal de transmissão é refletido para a frente do receptor em relação trilha de ionização da chuva de meteoro, que deve estar em algum lugar entre os dois locais. Este estudo se refere apenas à “*forward-scatter*” (CIPRIAN, 2015), figura 2.8.

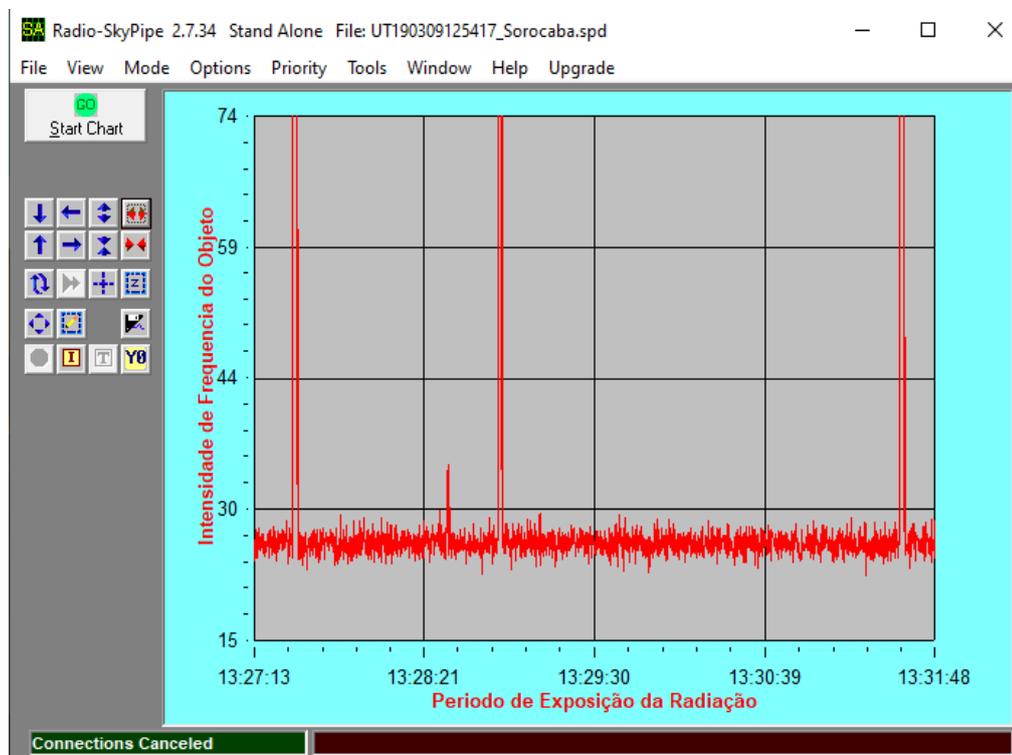
Figura 0.8 Imagem ilustrativa de ionização da camada atmosférica com a passagem de uma chuva de meteoros e consequente reflexão de ondas de rádio.



Fonte: AERONAUTICAL UNIVERSITY. [Detecting Meteors with FM Radio](http://www.erau-prescott-observatory.com/meteors.htm). Disponível em: <http://www.erau-prescott-observatory.com/meteors.htm>, Acesso em: 13 jun de 2020

Conforme figura 2.8, uma vez escolhida a frequência da estação transmissora que está situada em posição geográfica onde não é possível sintonizá-la, o advento da chuva de meteoros, que como sabido, ioniza uma trilha na atmosfera terrestre que acaba por funcionar como um escudo refletor, fazendo com que o radiotelescópio possa registrar a passagem dos meteoros, quando a frequência passa a ser sintonizada pelo aplicativo computacional Radio Skype conectado ao radiotelescópio, figura 2.9

Figura 0.9 Gráfico representativo de reflexão de frequência de ondas eletromagnéticas por ocasião da chuva de meteoros Delta Aguardeas, no teste do rádio telescópio.



Fonte: Software Radio Skypipe

1.6 OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA

Na fase de coleta de dados, a configuração do sistema faz uso de um dongle RTL-SDR para criar imagens de nossa galáxia em linhas de hidrogênio neutro. A Via Láctea, galáxia que abriga a Terra, está repleta desse tipo de hidrogênio; e muito hidrogênio neutro junto resulta em um pico de rádio detectável na frequência de 1,42 GHz. Este pico é denominado linha de hidrogênio. Ao escanear a galáxia na frequência da linha de hidrogênio com uma parabólica de 1,30 m em uma montagem simples, um RTL-SDR e alguns filtros de frequência, o radiotelescópio é capaz de capturar sinais da galáxia, os quais possibilitarão a criação de uma imagem da galáxia.

O hidrogênio neutro é um átomo eletricamente neutro com um próton e um elétron. É também denominado como HI (pronuncia-se H-um), e está localizado em todas as galáxias como nuvens HI.

Ao apontar um radiotelescópio para o céu e calcular a média da potência de rádio frequência ao longo do tempo, um pico de potência indicando a linha de hidrogênio pode ser

observado em um gráfico de espectro de frequência. Isso pode ser usado para alguns experimentos interessantes, por exemplo, você pode medir o tamanho e a forma de nossa galáxia. Áreas mais espessas da galáxia terão mais hidrogênio e, portanto, um pico maior, enquanto o pico será significativamente menor quando apontado para o espaço vazio. Você também pode medir a velocidade de rotação de nossa galáxia observando a mudança de frequência Doppler.

O protótipo deste trabalho foi montado no pátio externo de duas formas, sendo a primeira com o prato totalmente direcionado para céu e a leitura foi feita com esfera celeste transitando sobre a antena e, uma segunda maneira, onde alunos pesquisaram sobre as coordenadas do centro galáctico, $\alpha = 17^{\text{h}}45^{\text{m}}62$ e $\delta = -28^{\circ}56',17$, respectivamente ascensão reta e declinação, que foram convertidas para leitura em graus 266° sentido anti-horário a partir do norte com declinação de $-28^{\circ}56$ min, e adotar o mesmo procedimento de varredura pelo movimento da esfera celeste, conforme figura 2.10

Em ambas as configurações os resultados foram satisfatórios e os alunos tiveram a oportunidade de fazer os registros conforme figuras 2.10

Figura 0.10 Apresentação das diferentes montagens da antena



CAPÍTULO 3

RADIOTELESCÓPIO NO ENSINO MÉDIO

Neste capítulo é apresentada a aplicação do produto educacional desenvolvido no mestrado profissional em Ensino de Física. Buscou-se usar a experimentação em Radioastronomia com objetivo de aproximar o aluno dos fundamentos científicos a fim de estudar e identificar a energia de rádio frequência que é emitida por alguns corpos celestes.

3.1. APLICAÇÃO DO PRODUTO

A proposta, objeto deste trabalho, foi aplicada em uma escola pública do interior do estado de São Paulo com 16 alunos da 2^o Série do Ensino Médio, sendo 4 meninas e 12 meninos, com idades variando entre 15 e 18 anos. Por ser uma escola de Ensino Integral, há uma disciplina eletiva de Ciências, no contraturno pedagógico, na qual o projeto foi inserido. Trata-se de uma disciplina cujo tema é escolhido em conjunto entre professores e alunos e, a partir do tema, são elaborados projetos cuja duração é semestral.

O projeto de Radioastronomia foi desenvolvido no primeiro semestre de 2019 como parte da eletiva de ciências, com foco em ondulatória e ondas eletromagnéticas.

A disciplina de Astronomia, com conceitos de eletromagnetismo, permitiu um maior interesse do grupo de alunos uma vez que abordou assuntos de interesse tanto dos alunos quanto do professor. No ano de 2019 muitas notícias já anunciavam avanços desta ciência e na descoberta de eventos estelares que culminou com imageamento de um buraco negro fazendo uso da Radioastronomia.

As etapas de início de atividades foram estabelecidas em conjunto com o professor efetivo, onde o projeto assumiria a entrega do conhecimento teórico e prático até final do semestre e finalizando com a culminância, que é a avaliação oficial da escola.

A Culminância em sua essência é o momento em que o grupo de alunos através de seus projetos compartilham os resultados efetivos de seu trabalho, o que foi aprendido na eletiva

com o restante da comunidade escolar. Este evento grandioso pode ter inclusive vários formatos: mostras, feiras, roda de conversa, espetáculos, produtos digitais e ou intervenções artísticas.

O que é importante ressaltar é que não é somente detalhar como a eletiva foi desenvolvida, mas apresentar um produto efetivo, porque desta forma há a oportunidade de se desenvolver habilidades de caráter pedagógico, tanto as habilidades cognitivas na área de Física como as socioemocionais.

Para os alunos é um momento único de celebrar as conquistas alcançadas, onde ele pode perceber e avaliar seu próprio desenvolvimento.

3.2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

3.2.1. Objetivo Geral

Desenvolver nos educandos condições para a participação efetiva na realidade social, isto é, o aluno como parte de uma equipe, e que sua contribuição, irá permitir sucesso de todo o conjunto onde está inserido e percebendo a Física como parte do conhecimento acumulado pelo gênero humano, com papel central na cultura contemporânea e com aplicação em todas as áreas da atividade humana, a Física atendendo como solução para diversos desafios do projeto, como comunicação, conexões físicas, visualização de imagens, entre outras, ajudando-os a pensar abstratamente, a argumentar e justificar procedimentos com coerência, lógica e clareza.

3.2.2. Objetivos Específicos

Dentre as possibilidades deste trabalho, destacamos o desenvolvimento de habilidades necessárias para a aquisição de conhecimentos científicos, tais como: observação, comunicação, medida e coleta de dados, inferência, previsão, construção de protótipos, interpretação de dados, controle de variáveis, capacidade de definição operacional e investigação.

Interesse pelo uso de instrumentos tecnológicos que auxiliem na realização de alguns trabalhos, sem anular o esforço da atividade compreensiva; utilizar conceitos físicos e matemáticos na resolução de situações – problema (construção do radiotelescópio, coleta de dados e análise da Física envolvida); Utilizar da Física no cotidiano, envolvendo-os em fatos

comuns do dia a dia, exemplificando as rádios transmissões, uso de roteadores domésticos, comunicação de dados através de celulares, etc.

3.2.3. Guia Didático

A primeira etapa de apresentação dos principais conceitos foi através de uma dinâmica de grupo que tinham os seguintes objetivos: verificar o conhecimento dos alunos sobre Astronomia e notícias recentes sobre o tema, exemplificando estrelas, constelações e galáxias, compreender e identificar fenômenos eletromagnéticos no dia a dia, como ondas de rádio, WI FI, micro-ondas e tv por satélite.

A tabela 3.1, apresenta o conjunto de aulas planejadas e desenvolvidas com os alunos, onde se tem uma visão da dinâmica do que foi realizado. Esse planejamento teve como base a teoria cognitivista de Vygotsky, que pressupõe que o aluno aprende melhor ao enfrentar atividades ou tarefas que o levam ao desafio cognitivo. O professor deve proporcionar ambiente para os alunos aumentarem suas competências, usando como fator inicial, aquilo que já sabem e que, na interação com seus pares e com o professor, propiciará novos conhecimentos de forma cooperativa.

TABELA 3.1 Roteiro de Aula

Aula 1 - dialógica	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do professor e como o projeto teórico-prático complementa a eletiva de ciências. • Início da aula com exposição sobre letramento científico e digital, isto é, como usar a tecnologia seja ela digital ou não, como meio de resolver problemas, uma vez que a montagem das peças componentes do radiotelescópio será realizada pelos próprios alunos, que terão que identificar as peças disponíveis na bancada de parafernália. • Levantamento verbal de conhecimentos prévios.
Aula 2 – dialógica	<ul style="list-style-type: none"> • A turma foi dividida em grupos de até 4 alunos. • Aula expositiva sobre Astrofísica básica, corpos celestes, Radiação Eletromagnética e como ela afeta o dia a dia das pessoas, citação de exemplos do cotidiano. • Noções de Radioastronomia.
Aula 3 - dialógica	<ul style="list-style-type: none"> • Retomada aula teórica sobre Radiação Eletromagnética no cotidiano e como podemos relacioná-las com aquelas emitidas pelo cosmos, WIFI, TV, celulares e emissões externas que são capturadas por rádios comuns. • A partir do conhecimento de Ondas Eletromagnéticas, os alunos foram levados à bancada de parafernália para separar os materiais e

	<p>conhecer os diversos elementos que seriam usados na oficina de montagem do radiotelescópio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tarefa: anotar todos os componentes para servir de referência na montagem.
Aula 4 – dialógica/prática	<ul style="list-style-type: none"> • Aula teórica com apresentação sobre os tipos de Radiações Eletromagnéticas importantes na Radioastronomia, apresentação básica sobre radiação sincrotron, radiação termal e radiação de linha hidrogênio. • De volta a bancada, os alunos foram instruídos a montar os cabos de conexão, guia de onda e circuito LNA (Low Noise Amplifier). • Compreender cada componente e conectar os dispositivos. • Avaliação pontual de conhecimento com perguntas e respostas orais.
Aula 5 – avaliação contínua.	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação de aprendizado através de uma dinâmica de grupo, onde cada equipe apresentou conhecimentos adquiridos até este momento, isto é, ondulatória, radiotelescópio, guia de onda, soldagem e radiações.
Aula 6 – prática	<ul style="list-style-type: none"> • Aula sobre o aparelho radiotelescópio e sua conexão com os aplicativos computacionais (SDR Sharp e Radio Skypipe) e funcionalidades. • Como instalar, configurar e operar.
Aula 7- prática	<ul style="list-style-type: none"> • Os alunos foram conduzidos para o pátio externo da escola, onde executaram o procedimento de montagem do radiotelescópio, utilizando todos os materiais desenvolvidos nas aulas anteriores, e o computador com os softwares já configurados.
Aula 8 – testes de campo	<ul style="list-style-type: none"> • Grupos de alunos calibraram o sistema, isto é, posicionaram a antena (altura e azimute) de modo a direcioná-la para o corpo celeste escolhido, no caso Sagitário A (centro galáctico), por ser plenamente documentado, e na sequência realizaram a coleta de dados.
Aula 9, 10, 11... - prática	<ul style="list-style-type: none"> • A coleta de dados adequada pode não ocorrer em um primeiro momento, desta forma é necessário que o equipamento fique posicionado durante vários dias e que os alunos acompanhem o que foi capturado, até alcançar o objetivo.

Fonte: Elaborado pelo autor

Com as discussões iniciais na primeira aula, foi verificado o seguinte comportamento da turma quanto a conhecimentos básicos de ondas e sobre o objeto do projeto, tabela 3.2, este levantamento de conhecimentos prévios foi realizado através de uma dinâmica de perguntas e respostas e elas foram anotadas em planilha, e dessa forma foi possível entender e adequar a melhor estratégia para entregar o conteúdo e a oficina prática.

TABELA 3.2 Investigação Inicial do Conhecimento Prévio do Aluno

Temas	Sabe	Não sabe ou resposta incompleta
Termo ondas Eletromagnéticas	10	6
Corpos celestes	12	4
Corpo celeste emitem ondas		16
Wifi	16	
Forno de micro-ondas	16	
Rádios AM e FM	16	
Wifi, rádio, micro-ondas, princípio de funcionamento por ondas	8	8
Radioastronomia		16
Projetos mão na massa	16	

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados preliminares mostraram que os alunos conhecem a temática de forma superficial, mas lhes faltam associar conhecimentos que permitam compreender os cenários apresentados.

Durante a primeira aula percebeu-se um grande interesse por parte do alunos em relação às aulas práticas, dessa forma, a melhor estratégia para preencher o conhecimento teórico necessário era de fazer uma mescla de conteúdos teóricos e práticos desde o início, da parte teórica com muito visual, uso de imagens e vídeos, apresentando os temas onde havia pouco ou nenhum conhecimento, mostrando proximidade com o que ele já está acostumado e convive, com a prática, a bancada de parafernália para ver e identificar peças, tornando atraente a atividade e assim evitar evasão e ou perda de conteúdo por parte do aluno.

A preocupação em todos os detalhes do aprendizado dos alunos era permitir que a avaliação (Culminância) fosse um sucesso, uma vez que esta apresentação formal foi realizada com a comunidade escolar.

Com as execuções das tarefas, os alunos evoluíram de forma consistente no preenchimento das lacunas existentes no conhecimento prévio e na parte mão na massa, atuaram de forma participativa, colaborativa com perseverança e resiliência para que o objetivo proposto fosse atingido.

A Culminância é evento oficial da Escola de Ensino Integral que tem objetivo avaliar o desempenho dos grupos em relação aos seus respectivos projetos. O evento ocorreu em junho de 2019 de 9:00h às 13:00h, todos projetos realizados no primeiro semestre na escola são apresentados a funcionários e pais de alunos e neste mesmo momento o melhor projeto é escolhido pela equipe gestora.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A introdução do lúdico no ensino da Física, é uma grande oportunidade para que o professor consiga criar um ambiente favorável ao desenvolvimento do conhecimento. Instrumentos como gamificação, simulação, construção de kits, entre diversos outros recursos ativa a esfera cognitiva dos alunos, pois funcionam como motivadores de ações em ações imaginárias, permitindo que o aluno aprenda, conforme (Vygotsky, 2008: 127) “a dirigir seu comportamento não somente pela percepção imediata dos objetos ou pela situação que a afeta de imediato, mas também pelo significado dessa situação.”

A Física é uma ciência que estuda as diferentes formas de interações entre a matéria e a energia. Por se caracterizar como uma ciência experimental, pode ser simulada na maioria dos casos, seja de forma virtual, através de diversas ferramentas simuladoras, ou através de experiências reais, em menor escala que possam reproduzir os fenômenos a serem estudados. Além disso, aproximar conceitos físicos da realidade dos alunos torna o assunto significativo de modo a facilitar o aprendizado. Isso significa que Física é prática e pode ser verificada no dia a dia dos alunos.

O diálogo é um grande aliado do professor quando se trata de avaliação, uma vez que através dele, no momento da construção de conhecimento, o professor pode acompanhar as opiniões, reflexões e a significação construída pelos alunos a respeito do conteúdo, dessa forma identifica o grau de apreensão do conhecimento específico em que o aluno se encontra.

A atividade de Radioastronomia no ambiente escolar foi extremamente valiosa e gratificante, uma vez que foi possível de forma clara perceber a evolução do aluno em vários aspectos e não somente acadêmico.

Os alunos possuem suas expectativas e anseios, seu comportamento pessoal, analisar e acompanhar tudo isso, desde o momento inicial permite medir e dimensionar ações para contornar dificuldades que são inerentes ao ambiente em que vivem, o que isso significa, falta de atenção, falta de apego ao o que é importante para vida, entre outros.

O que foi feito, fortaleceu a importância deles no sucesso do projeto, mostrou que pode ser feito aqui como já foi e é feito em várias escolas do mundo e como a iniciativa pode conectá-los com a ciência global.

Para Vygotsky (2009,p. 13) “a verdadeira compreensão e a comunicação só vão ocorrer quando eu conseguir generalizar e nomear o que estou vivenciando, ou seja, quando eu conseguir situar a sensação de frio por mim experimentado em uma determinada classe de estados conhecidos pelo meu interlocutor”.

Essa compreensão enunciada por Vygotsky pode ser observada no evento da culminância, onde os alunos apresentam, de forma discursiva, à comunidade o projeto desenvolvido. A apresentação final no evento da culminância da escola, mostrou o brilhantismo e versatilidade dos alunos envolvidos, onde eles foram premiados como melhor projeto de ciências.

O primeiro teste com o protótipo montado neste trabalho foi realizado medindo-se a radiação emitida de linha de hidrogênio do centro galáctico (Sagitários A). Para este teste foi utilizada a montagem do disco parabólico na área externa da Escola Estadual Fernanda Camargo Pires conforme figura 3.1. No primeiro teste dessa montagem a antena permaneceu fixa e a esfera celeste gira sobre a antena com auxílio do aplicativo de celular Star Walk 2 para correta localização de Sagitários A, uma vez fixada a antena, esta ficou em exposição por aproximadamente 4 horas captando sinais de rádio.

Figura 0.1 Alunos do ensino médio organizado no pátio externo da escola para montagem dos componentes do sistema de captura de dados, assim chamado Radiotelescópio

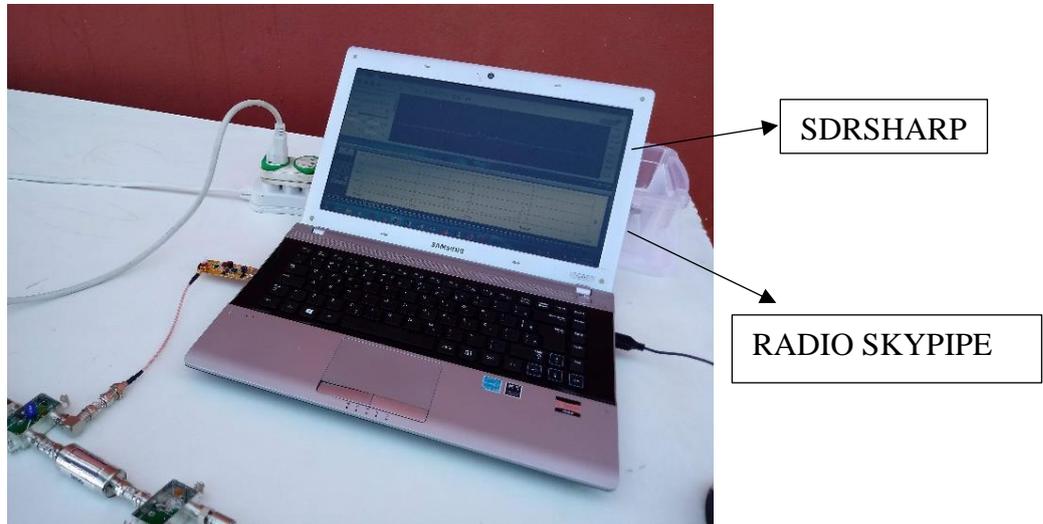


Fonte: Elaborado pelo autor

A montagem do radiotelescópio acadêmico seguiu o procedimento conforme discutido nas aulas teóricas e práticas, de acordo com a teoria de Vygotsky, quando postula a importância da interação social no desenvolvimento do ser humano e discute a mediação como necessária para o desenvolvimento da aprendizagem e a fala social como parte dessa evolução. Segundo ele, “O desenvolvimento do pensamento é determinado pela linguagem, isto é, pelos instrumentos linguísticos do pensamento e pela experiência sociocultural da criança [...] o desenvolvimento da fala interior depende de fatores externos” (VYGOTSKY, 2008, p. 62). Observa-se na figura 3.1, a interação dos pares e a interação com o meio.

Para os testes de campo foram carregados os seguintes sistemas computacionais SDR Sharp e Radio Skypipe, que são softwares livres e executam sob sistema operacional Windows, conforme figura 3.2. Como alternativa, para execução em sistema LINUX, pode-se optar pelo Linradio e Gnu Radio Flowgraph.

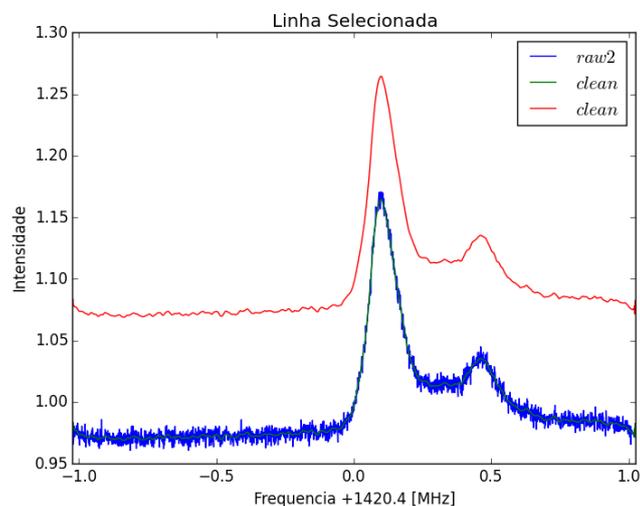
Figura 0.2 Alunos configuram os aplicativos Rádio Skype e SDR Sharp para refletir características de posicionamento da antena e horário de exposição a esfera celeste.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O SDR SHARP configurado em 1.420.406.000 Hz captura o sinal da antena e transforma em ruído, o aplicativo Radio Skype captura o ruído através de cabo virtual e transforma em gráfico numérico onde podemos avaliar intensidade de sinal de frequência no momento de trânsito de Sagitários A, conforme figura 3.3, o eixo Y representa a intensidade de frequência esperada no exato momento que a esfera celeste transitou pelo prato da antena.

Figura 0.3. Após captura de dados pelos sistemas do radiotelescópio, os dados são tratados numericamente e gráfico característico é apresentado após transformada rápida de fourier.

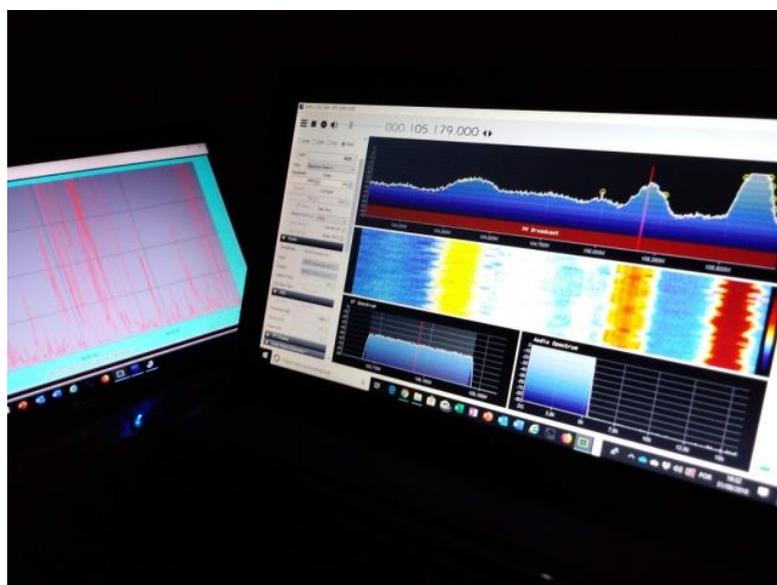


Fonte: Software Radio Skype

Para análise de chuva de meteoros, foi escolhido período de 12 de julho a 23 de agosto, fase da chuva de meteoros Delta Aquarídeas, resultado do cruzamento da órbita terrestre com a cauda do cometa Marsden.

A antena Yaggi foi posicionada conforme figura 8 no apêndice A, usado cabeamento de 75 ohms até filtro de frequência e conexão com os sistemas SDRSHARP/Radio Skypipe para análise de dados, como apresentado na figura 3.4.

Figura 0.4. Conjunto de estação de coleta de dados, fazendo uso do SDR Sharp para captura de frequência e Radio Skypipe para tratar sinal ruído.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A montagem dos sistemas e subsistemas foi relativamente simples, os alunos seguiram todos os procedimentos conforme abordado em sala de aula, havendo pouca necessidade do professor em atuar, somente conferindo cada etapa conforme figuras 3.1 e 3.2.

A partir desta coleta da chuva de meteoros, foi detectado o seguinte comportamento que comprova os estudos discutidos em sala de aula, vale ressaltar que foram feitos vários ajustes e coletas consecutivas até atingir o resultado, conforme figura 2.10, dessa forma a equipe de alunos percebeu a importância de resiliência no processo de aprendizado e foco na resolução de problemas e definir quais passos seguir. Para Vygotsky (2008) é fundamental o papel do professor na resolução de problemas, quando assume uma postura em que explica, questiona e faz o aluno explicar o passo a passo da solução, pois é essa postura que contribui diretamente para o processo de construção e generalização dos conceitos científicos por parte dos alunos.

A proposta foi aplicada com alunos do Ensino Médio de uma escola estadual da cidade de Sorocaba, cujo IDEB é 4.9, considerado baixo, ela foi escolhida porque seria um desafio a ser vencido e a busca por elevar o nível de conhecimento dos alunos e mostrar a importância das ciências de uma forma geral. Apesar da falta de recursos dos laboratórios da escola, a equipe de alunos foi bastante proativa em coleta de materiais para construção do rádio telescópio. A pedido do professor orientador, eles se organizaram e dividiram as tarefas e se mobilizaram para coletar fios, latas, antenas e conectores, facilitando imensamente a execução das tarefas. Este material serviu também para equipar parcialmente o laboratório, para futuros projetos.

Ao longo do projeto foi possível observar evoluções dos alunos participantes em vários aspectos, tais como, engajamento com as atividades práticas, realizar com exatidão os instrumentos que seriam necessários para o rádio telescópio, interesse em elucidar as dúvidas para que sua tarefa fosse cumprida, preocupação com os detalhes para realização da apresentação na culminância. Além disso, os alunos tiveram a oportunidade de experimentar e praticar uma atividade científica de forma cooperativa e colaborativa.

Tecnicamente, os alunos atingiram os níveis suficientes para compreender o desenvolvimento do aparelho e fazê-lo funcionar de forma adequada, significando que alunos mesmo tendo que repetir inúmeras vezes o procedimento de coleta de dados, obtiveram sucesso na captura de linha de hidrogênio do centro galáctico, conforme mostrado na figura 3.3, onde eles puderam ver graficamente a emissão de frequência quando a esfera celeste transita pela antena causando o efeito esperado.

Na segunda fase dos testes, os próprios alunos preparam o sistema para captura de reflexão de frequência de chuva de meteoros Delta Aguarídeas. Eles se organizaram para identificar prováveis chuvas de meteoros que pudessem ser analisadas, uma vez feita a escolha, ajustou-se os equipamentos para coleta de dados e após uma exposição de longas horas na data predeterminada, se obteve o resultado conforme figura 2.9, onde se classifica a chamada chuva subdensa, isto é, baixo número de detecção para trilha ionizada.

O sucesso desse projeto só foi possível pelo engajamento dos alunos e aceitação por parte da direção da escola que contribuiu e deu todo apoio necessário para que houvesse continuidade durante o semestre.

Os alunos demonstraram uma enorme satisfação com os resultados obtidos, principalmente os técnicos, o que acabou fazendo com que eles se habilitassem a participar de novos projetos tecnológicos que serão aplicados na escola.

3.4. CONCLUSÕES

Neste projeto foram apresentados não somente materiais e procedimentos técnicos para o êxito na montagem de um radiotelescópio de custo acessível, mas também uma metodologia de ensino e aprendizagem de conceitos sobre ondas eletromagnéticas. Respeitando todas as etapas do planejamento das aulas, processos e categorias da oficina prática na bancada de parafernália, o radiotelescópio poder ser inteiramente montado em sala de aula e utilizado em ambientes externos, como pátio escolar.

Para configurar e validar o funcionamento e praticidade do radiotelescópio desenvolvido, foram realizados, inicialmente, aulas práticas e teóricas no laboratório da escola. Uma vez concluído esta fase, e verificado o devido aprendizado, os primeiros testes foram conduzidos no campo externo da escola, onde foram realizadas as medições de intensidade de radiação eletromagnética em 1420 MHz, a radiação eletromagnética emitida por Sagitário A, que se encontra no centro da galáxia. Para tal, foi mantida a antena fixa permitindo o trânsito da esfera celeste sobre a antena.

O segundo teste foi a função de detecção de chuva de meteoros por reflexão de ondas eletromagnéticas. Em ambos os casos foram necessários vários ensaios até se ter o êxito desejado e a equipe poder verificar os resultados na forma de um gráfico de intensidade de radiação por tempo, gerado pelo software livre SkyPipe e SDR Sharp.

Após as etapas realizadas, o processo acadêmico e uso do equipamento proposto se apresentou de fácil implementação no ambiente escolar, permitindo desenvolver os sistemas e aplicar conceitos simples, facilitando o uso como ferramenta didática.

Uma vez que processo didático pedagógico, montagem, configurações e medições diz respeito a várias áreas da Física, sua utilização permite abordar conceitos físicos, particularmente da física moderna, de uma forma mais lúdica e conectada com a realidade.

Assuntos relevantes como, ondas, espectro eletromagnético, radiação de espaço profundo, entre outros, podem ser abordados na discussão sobre a utilidade deste equipamento. Não somente assuntos da Física são abordados, mas também assuntos de tecnologia valiosos como: eletrônica, computação, leitura de dados, desenvolvimento de letramento científico e digital.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L.V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n.2, p.176-194, jun.2003 “Disponível em:” <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2>. Acesso em: 17 mar. 2019.

BARBOSA, R.G e BATISTA I de L, Vygotsky: Um Referencial para Analisar a Aprendizagem e a Criatividade no Ensino da Física, artigo publicado na Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2018.

BORGES, A. T, Novos Rumos para o laboratório Escolar de Ciências, Coleção Explorando o Ensino, v. 7 – Física, 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio - Parte I - Bases Legais. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2000.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. PCN+: Ensino Médio - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2002.

CAJORI, V. The early mathematical science in North and South America (the Gorham Press, Boston), 1928

CALDAS, M. O ensino de Física Moderna no Ensino Médio: relatos de uma experiência pedagógica envolvendo o emprego de ferramentas tecnológicas. O professor PDE e os Desafios da Escola Pública Paranaense, 2008.

CIPRIAN, S. Detecting meteor radio echoes using the RTL/SDR USB dongle. Detecting meteor radio echoes using the rtl-sdr usb dongle, jul 2015. “Disponível em:” <https://www.rtl-sdr.com/detecting-meteor-radio-echoes-using-the-rtlsdr-usb-dongle/>. Acesso em: 20 jan 2020.

COUTO, P.F. Atividades experimentais em aula de Física: repercussões na motivação dos estudantes, na dialogia e nos processos de modelagem. 155 folhas. Dissertação de mestrado. Educação e Ciências. Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

FERRAZ-MELLO, S, Astronomy in Brazil, Rev. Mexicana Astron. Astrof., 12, 13-18, 1986.

FILHOAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: O computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. Brasileira de ensino de Física, v. 25, n. 3, 2003.

FONCEA V. Manual de Radioastronomia: ALMA na Escola. “Disponível em:” <http://www.cac.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/30/2019/10/Projeto-ALMA-agosto-2019.pdf>, Acesso em 18 set. 2020

GASPAR, A. Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental. 1ª ed. 3ª imp. São Paulo: Ática, 2005. p 11 -29.

REVISTA GALILEU, Foto de um buraco negro é revelada pela primeira vez na história. [S.I], 2019. “Disponível em:” <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2019/04/foto-de-um-buraco-negro-e-revelada-pela-primeira-vez-na-historia.html>. Acesso em 05 mai 2020.

GHIGO F, National Radio Astronomy Observatory, Green Bank, West Virgina. 2003. “Disponível em:” <https://public.nrao.edu/radio-astronomy/the-science-of-radio-astronomy/> Acesso em 29 dez. 2019.

GRASSELLI, E.C., GARDELLI, D., O ensino da Física pela experimentação no ensino médio: da teoria à prática: Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE, Paraná, vol. 1, p 2 - 6, 2014.

HALLIDAY D., RESNICK R. e WALKER J., Fundamentos de Física IV, 7ª ed, LTC, Rio de Janeiro, (2006).

HIGA I.; OLIVEIRA O. B., A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. Educar em Revista no.44 Curitiba Apr./June 2012. “Disponível em:” https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40602012000200006. Acesso em 07 abr. 2020

HENNIG, G. J. Metodologia do ensino de ciência. Porto Alegre, Mercado Aberto, 1998.

HIPOLITO, C., ARANHA, N. "Construção de Radiotelescópio para Análise de Micro-Ondas Solares em 12 GHz", Rev RBEF. 2017.

HURST, G. S., PAYNE, MARVIN G., & WAGNER, EDWARD B. Resonance ionization for analytical spectroscopy. (No. US 3987302). Union Carbide Corp, 1976.

KAUFMANN, P. Pesquisas desenvolvidas pelo Grupo de Rádio Astronomia Mackenzie-GRAM, pag., 43- 47, 1966.

KAUFMANN, P., O que é o que é Explosão Solar. Revista Pesquisa FAPESP. Edição 199 de setembro de 2012. “Disponível em:” <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-que-e-o-que-e-10/>, Acesso em 18 set.2020.

KRUGER, A. Introduction to Solar Astronomy and Radio Physics. Geophysics and Astrophysics Monographs; vol. 16. Dordrecht; Boston: D.Reidel Pub. Co; pp. 1 – 2, 1979.

KUHLBERG, A. "Assembling and Exploring a Small Radio Telescope", Eletronics Thesis. 2014.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de Astronomia: Erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. Caderno Brasileiro do ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 87-1 11, abril 2007.

LATTARI J.B.C., TREVISAN R.H., Radio Astronomia: noções iniciais para o Ensino médio e fundamental como Ilustração de aula, Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 18, n. 2: p. 229-239, ago. (2001).

LEFFA, V. J. & CASTRO, R.V. Texto, hipertexto e interatividade. Rev. Est. Ling., Belo Horizonte, v. 16, n. 2, p.166-192, jul./dez. 2008.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, The Hydrogen 21 cm Emission Line, rev 2, 2006, “Disponível em:” <https://www.haystack.mit.edu/edu/pcr/Data/pdf/Hydrogen%2021-cm%20Emission%20line-final.pdf>, Acesso em 13 jun 2020.

MILONE A.C. *et al*, Introdução a Astronomia e a Astrofísica, INPE-7177-PUD/38, 2018. “Disponível em:” http://www.inpe.br/ciaa2018/arquivos/pdfs/apostila_completa_2018.pdf, Acesso em 18 set.2020.

MIRANDA O.D., Introdução à Astronomia e Astrofísica, INPE, Capítulo 12 - Pesquisas em Astrofísica no INPE, pag. 423. “Disponível em:” http://www.inpe.br/ciaa2018/arquivos/pdfs/apostila_completa_2018.pdf, Acesso em 26 set. 2020

MORAES E.C., FIORIO P.R., Fundamentos de Sensoriamento Remoto, INPE. “Disponível em:” http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/LEB5838/Peterson/Fundamentos_energia_pos.pdf, Acesso em 18 set. 2020.

MOREIRA, M.A, Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea, Conferência proferida na XI Conferência Interamericana sobre Enseñanza de la Física, Guayaquil, Equador, julho de 2013 e durante o Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, março de 2014.

MOYSÉS, L. Aplicações de Vygotsky à educação matemática. Campinas: Papyrus, 1997.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, Science Mission Directorate. (2010). Radio Waves., “Disponível em:” http://science.nasa.gov/ems/05_radiowaves. Acesso em 11 mai. 2020

OLIVEIRA FILHO, K., SARAIVA, M.F.O. Astronomia e Astrofísica. Ed. LF Editorial, 2014, p. 210.

OLIVEIRA, M. K. de. Vygotsky: Alguns Equívocos na Interpretação de seu Pensamento. In: Cadernos de Pesquisa. São Paulo, n. 81, p. 67-74, maio de 1992.

OLIVEIRA, M. M. L., O papel da experimentação no ensino pela pesquisa em Física, PUC/RS, pag., 58-84, 2010.

PANNEKOEK, A. A History of Astronomy.; New York: Interscience Publishers. Inc; pp. 13 – 14, 1961.

PICAZZIO, E. O Céu que nos envolve. Introdução a Astronomia para Educadores e Iniciantes; São Paulo: Odysseus Editora: pag. 34, 2011.

PIRES, A. S. T. Evolução das ideias da física. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

PORTAL JORNAL USP, Quasares buracos negros que brilham mais do que as galáxias. “Disponível em:” <http://jornal.usp.br/atualidades/quasares-buracos-negros-que-brilham-mais-do-que-as-galaxias/>. Acesso em 15 jun 2017.

PORTAL RADIOSKY, Skypipe, Disponível em <http://www.radiosky.com/skypipeishere.html>, Acesso em 10 mai 2020.

REBER, G. What is Radio Astronomy, National Radio Astronomy Observatory, 2004 “Disponível em:” https://www.nrao.edu/whatisra/hist_reber.shtml, Acesso em 27 jun 2020.

SANTOS, P.M (2018), Uma retrospectiva de 50 anos da Astronomia Observacional no Brasil (1952 – 2002), IAG/USP, pag., 21-24.

SÃO PAULO/SEED/DEB. Diretrizes Curriculares da Educação Básica/DCEs –Física.São Paulo: SEED/DEB, 2008.

STEINER, J.*et al.* A pesquisa em Astronomia no Brasil, Revista USP São Paulo, Rev. USP no. 89 mar/maio 2011.

TEACHER LEADERS. Stellar Spectroscopy. The Message of Starlight, rev 5, n.2, p.01-04, 2004. “Disponível em:” <https://www.noao.edu/education/astrobits/files/Stellar-Spectroscopy-Abits.pdf>. Acesso em: 13 jun 2020.

TEIXEIRA, H. Teoria do Desenvolvimento Cognitivo de Lev Vygotsky. “Disponível em:” <http://www.helioteixeira.org/ciencias-daaprendizagem/teoria-do-desenvolvimento-cognitivo-de-lev-vygotsky>. Acesso em 08 mai 2020.

VYGOTSKY, L.S. A construção do pensamento e da linguagem. Tradução: Paulo Bezerra. 2 ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2009.

VYGOTSKY, L.S., A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos/ L.S. 4.ed. São Paulo: Martins Fontes,1991.

VYGOTSKY, L.S., A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. Tradução de: José Cipolla Neto, Luis Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. 7ªed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.L

Apêndice A

PRODUTO EDUCACIONAL

A proposta apresentada aqui é a de um produto educacional que usa o artifício hipertexto exploratório como base para descrição do radiotelescópio, conceitos físicos associados e dispositivos utilizados. Neste contexto, o leitor tem a possibilidade de explorar recursos que são oferecidos por um repositório digital, mas sem modificá-lo (LEFFA, 2008, p. 185-186).

1. APRESENTAÇÃO

Desde a antiguidade o Homem observa e contempla as estrelas e os corpos celestes com admiração e questionamentos: o quão longe está? Por que do brilho intenso? Será que tem vida? Quais são suas características? Muitas perguntas e poucas respostas até que no século 17, Galileu aperfeiçoou uma luneta para telescópio e foi o primeiro a utilizá-lo para observar o céu e seus mistérios.

Durante os séculos a Astronomia foi evoluindo de forma consistente com a contribuição de marcantes personagens como citado aqui. Na antiguidade: Aristarco (310-230 a.C.), Hiparco de Niceia (160-125 a.C.), Ptolomeu (87-150 a.C.), já na idade média: Copérnico (1473 – 1543), Tycho Brahe (1546-1601), Kepler (1571-1630), Galileu (1564-11642), Newton (1643-1727).

A Astronomia moderna se apresentou através da espectroscopia estelar e construção de grandes telescópios, fazendo uma substituição do olho humano em visualizar e analisar as imagens do cosmo. O crescente desenvolvimento tecnológico na segunda metade do século XX fez com que a Astronomia alcançasse novos patamares científicos proporcionando nos últimos 50 anos uma evolução grandiosa se comparada aos cinco milênios da sua história. A Astronomia ultrapassa o aspecto de ciência da observação para se tornar uma ciência experimental surgindo assim novos ramos como a Astrometria, Mecânica Celeste, Astrofísica, Cosmologia e Radioastronomia, sendo esta última o cerne que norteia este manual. O objetivo é trazer o conceito da Radioastronomia, através da interação entre professores e alunos, propiciando o trabalho em grupo na criação, montagem e uso de um radiotelescópio educacional para captura de frequências de rádio. As frequências aqui capturadas serão especificamente as de emissão de linha de hidrogênio do centro da galáxia além de detectar a presença de chuva

de meteoros pela reflexão de ondas rádio, uma vez que o dispositivo possui dupla função. Através dessa experiência prática, os alunos do Ensino Médio, serão capazes de entender os conceitos de ondas eletromagnéticas e como ocorre sua propagação no universo.

2. DESCRIÇÃO DO KIT RADIOTELESCÓPIO

Para as capturas, tanto diurnas como noturnas, é necessário respeitar o correto posicionamento do conjunto de antenas para a localização do objeto a ser estudado. Ajustar o equipamento com azimute e elevação corretas e os aplicativos computacionais para registro de frequência é essencial para o funcionamento do conjunto.

Todo radiotelescópio pode ser acoplado a um tripé para melhor posicionamento da antena, seja para linhas de hidrogênio, uso do prato parabólico ou para chuva de meteoros com uso da antena yaggi.

A construção e montagem segue passos simples, mas delicados, assim divididos em algumas fases: montagem, ajustes e calibração e coleta de dados.

Na fase de montagem são priorizadas as habilidades manuais em função de uso materiais sensíveis como peças eletrônicas, cabos que devem ser corretamente confeccionados, conexões de solda com baixas perdas.

A fase de coleta de dados é uma que requer uma dose de paciência pois exige horas de exposição e ajustes de posicionamento das antenas.

2.1. MATERIAIS UTILIZADOS

O material utilizado é de fácil acesso, sendo parte dele reciclável ou de reuso como antenas parabólicas, antena yaggi e cabos, os demais componentes podem ser encontrados em qualquer loja de eletrônicos e/ou materiais elétricos, sendo os mesmos de baixo custo comparando ao benefício que traz a aprendizagem de um assunto tão importante como Astronomia e Ondas.

Tabela 1. Ferramentas e materiais de apoio

Material	Quantidade
----------	------------

Estilete	1
Ferro de Solda	1
Alicate de Corte	1
Furadeira	1
Chave de boca	1
Estanho para Solda	1

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 2. Instrumentos de medição

Material	Quantidade
Software <u>Radio Skypipe</u>	1
Software <u>SDR Sharp</u>	1

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 3. Materiais para montagem

Material	Quantidade
Lata comum de 1kg (leite em pó, ou café)	1
Parabólica de TV por satélite	1
Antena Yaggi	1
Cabo RG6 70 ohm	10 m
Divisor de cabo coaxial	2
Conector de compressão RG6	2
Conector coaxial para femea 90°	1
Emenda coaxial macho, macho	2
Capacitor cerâmico 200 ou 220 picoF	2
Indutor 4.7 microH	1
Filtro Inline de 2300 Mhz	1
Pigtail SMA macho N femea	1
RTL SDR USB	1
Fonte de 18 Volts'	1

Fonte: elaborado pelo autor.

2.2. COMO MONTAR SEU RADIOTELESCÓPIO

A maneira mais prática de fazer a montagem do sistema radiotelescópio será a partindo das antenas e indo até o computador que será usado como estação. Tudo começa com a bancada de parafernália, isto é, local onde todos os materiais necessários para montagem ficam à disposição do aluno para que ele possa identificar cada um dos elementos e de como aplicá-los no dispositivo.

2.2.1. Bancada de parafernália

A bancada de parafernália nada mais é do que uma mesa disposta com os materiais e as ferramentas por onde se inicia a montagem dos diversos subsistemas, figura 1. Todos os materiais são simples e o processo de confecção e acoplamento não é crítico, mas é importante ressaltar que se deve ter atenção e cuidado no manuseio do ferro de soldar e no uso do alicate de corte para evitar acidentes. Lembrar de desligar o aparelho de solda ao término de uso.

Figura 1. Bancada de parafernália



Fonte: Elaborado pelo autor

2.2.2. Apoio das antenas

O suporte das antenas é um tripé comum utilizado para máquinas fotográficas, que deve ser ajustado para suportar a parabólica e antena Yaggi conforme figura 2. O parafuso de ajuste é o mesmo já presente na antena parabólica, bastando apertá-lo com maior ou menor rigidez para ajuste de inclinação da antena.

Figura 2. Suporte para antenas parabólica e Yaggi.



Fonte: Elaborado pelo autor

2.2.3. Montagem do guia de onda

Um desenho muito fácil de seguir é um guia de ondas circular. Isso também é frequentemente usado como uma antena de alimentação para pratos parabólicos e feitos de todos ou quaisquer tipos de latas. No projeto foi utilizado uma lata de leite de 1 kg que pode ser encontrado facilmente em qualquer loja ou mercado. Usando este formato de guia de ondas, a única coisa que era necessário fazer é perfurar um orifício para uma miniantena, feita com fio de cobre, e para isto, é usado um conector tipo N. No caso em questão, o tubo usado tem um diâmetro de 155mm e um comprimento de 320 mm. A miniantena é colocada em 80mm da extremidade refletora.

Esta distância é um $\frac{1}{4}$ de comprimento de onda do comprimento de onda do guia. Importante ressaltar que o comprimento de onda dentro do guia de onda é maior do que o comprimento de onda no espaço livre e depende do diâmetro. O comprimento de onda do guia de ondas em um guia de ondas circular pode ser calculado da seguinte forma:

$$\lambda_G = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \frac{\lambda^2}{2.910 D^2}}}$$

onde λ_G é o comprimento de onda guia, λ é o comprimento de onda do espaço livre e D é o diâmetro do guia de ondas. O comprimento do tubo não é crítico, ele só precisa ser maior do que $\frac{3}{4}$ do comprimento de onda do guia. A miniantena deve teoricamente ter um comprimento de $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda do espaço livre que seria de 55mm, conforme figura 3.

Figura 3. Montar guia de onda e antena interna.



Fonte: Elaborado pelo autor

Após esta etapa o guia de onda deve ser acoplado a antena parabólica no mesmo local do receptor da antena parabólica, conforme figura 4.

Figura 4. Guia de onda acoplado a parabólica.

Fonte: Elaborado pelo autor

O cabo coaxial RG6 de 10 m deve ser confeccionado, conforme figura 5 para fazer a ligação do guia de ondas ao subsistema de filtro de frequência.

Figura 5. Confeção de 10 m de cabo coaxial RG6.

Fonte: Elaborado pelo autor

2.2.4. Montagem do filtro de frequência

Uma vez que a antena parabólica capta uma variedade de frequências, é necessário desenvolver um filtro de frequência que irá eliminar aquelas que não são desejadas, como mostrado na figura 6, permitindo passagem de somente uma estreita faixa de 1420 MHz, que é objeto deste estudo. Fazendo uso de dois divisores de cabo coaxial, dois capacitores cerâmicos, um indutor e filtro em linha de 2300 Mhz, inicia-se a sequência de soldas. Primeiro solda-se um capacitor do ponto A para o ponto B; o B deve ser conectado ao C (filtro em linha) por uma emenda coaxial macho-macho; o ponto D dever ser conectado ao ponto E do segundo divisor

de sinal e o ponto E deve ser conectado ao RTL SDR por um capacitor cerâmico através de solda. O ponto E também é conectado ao ponto FONTE por um indutor e este conecta a fonte de 18 V. O ponto RTL SDR vai para aparelho RTL-SDR USB que é conectado a estação de captura, conforme seção abaixo, figura 6.

Figura 6. Filtro de frequência.



Fonte: Elaborado pelo autor

2.2.5. Conexão filtro de frequência ao RTL-SDR

É usado um conector chamado “pigtail” para conectar o filtro de frequência ao RTL-SDR USB, figura 7, e este é conectado a saída USB da estação de coleta de dados.

Figura 7. “Pigtail” associado ao RTL-SDR.

Fonte: Elaborado pelo autor

2.2.6. Conexão antena Yaggi para chuva de meteoros

Para utilizar o sistema para captura de chuva de meteoros o processo é bastante simples, a antena yaggi pode estar acoplada no mesmo conjunto da parabólica, figura 8.

Figura 8. Antena Yaggi no mesmo conjunto com a parabólica.

Fonte: Elaborado pelo autor

O cabo coaxial associado ao guia de onda deve ser desconectado do mesmo e passar a ser conectado a antena yaggi, figura 9, e os ajustes de software SDR SHARP e Radio Skypipe.

Figura 9. Antena Yaggi recebe cabo coaxial que veio do guia de onda.



Fonte: Elaborado pelo autor

A frequência a ser observada nesta atividade desenvolvida com alunos do Ensino Médio é na faixa de 1420 Mhz, 21 cm de comprimento de onda é considerada umas das frequências mais importantes na Radioastronomia, tanto que a mesma não pode ser utilizada de uma fonte emissora em qualquer parte do planeta. Comprimento de onda de 21 cm é usado pela ciência para mapear a estrutura das galáxias, mais conhecida como Via Láctea, uma que é originaria do elemento hidrogênio, o mais abundante no universo.

Para a montagem do radiotelescópio para linha de hidrogênio, a seguinte sequência deve ser seguida.

1. Montagem do disco parabólico substituindo o Low Noise Block Converter (LNB) pelo guia de ondas, observando a correta posição em relação ao corpo celeste (Sagitários A), figura 10.

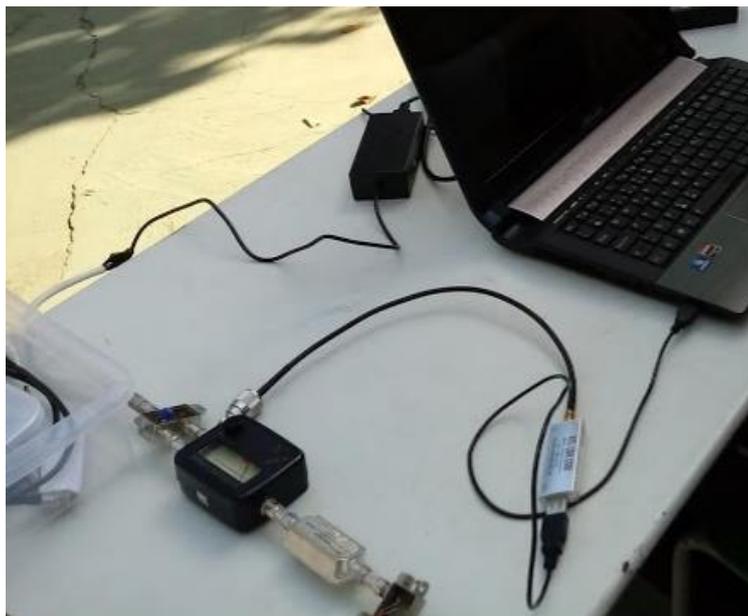
Figura 10. Antena parabólica do radiotelescópio posicionada no pátio externo da escola, respeitando posicionamento de azimute e elevação de Sagitários A.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2. A saída do guia de onda será conectada ao circuito LNA através de cabo coaxial, conforme apresentado na figura 11.

Figura 11. Na bancada da estação de controle o cabo coaxial é conectado ao circuito LNA (Low Noise Amplifier) e este conectado ao RTL-SDR USB.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3. A saída do Circuito LNA será conectado ao sintonizador RTL-SDR - FM (Dongle), e este conectado ao notebook rodando Skype e SDRSharp devidamente configurado, conforme figura 12 e 13.

Figura 12. Dispositivo RTL-SDR – FM conectado via cabo USB na saída USB 3.0 do notebook rodando SDRSharp e Radio Skype, sendo a estação de coleta de dados de radiação.



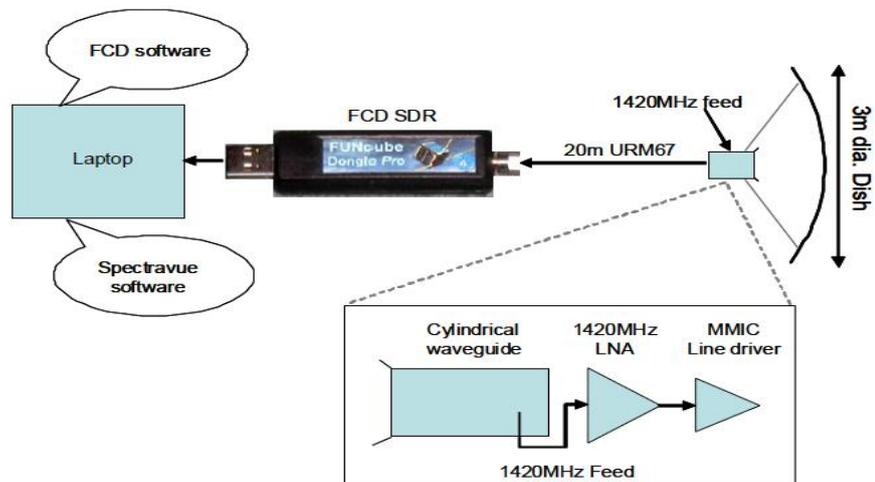
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 13. Detalhe do dispositivo LNA (Low Noise Amplifier) que compõe o sistema de filtro de frequência necessário para captura de dados (radiação eletromagnética do espaço profundo).



Fonte: Hipólito, Aranha, 2017, p. 5

Figura 14. Imagem ilustrativa que demonstra todos os componentes conectados e necessários para funcionamento adequado do radiotelescópio.



Fonte: Morgan, 2013, p. 4

2.2.7. Radiotelescópio para captura de chuva de Meteoros

Todos em certo momento da vida já deve ter olhado para o céu e ter sido surpreendido por um risco brilhante, cortando o céu e em segundos desaparecendo de forma repentina. Os meteoros são fragmentos de materiais sólidos como rochas e metais que vagam por regiões próximas ao Sol e Terra e quando penetram na atmosfera da terra sofrem atrito com os gases

fazendo com que incendeiem e eventualmente desintegrem. No entanto, com o uso de algum equipamento simples e relativamente barato, os meteoros podem ser detectados e registrados à medida que entram na atmosfera da Terra.

Para a montagem do radiotelescópio para captura de chuva de meteoros, a seguinte sequência deve ser seguida.

Desconectar o cabo coaxial da antena parabólica e conectar a antena Yagi de 10 elementos conforme figura 15. Essas antenas fornecerão cerca de 6 db de ganho direto.

Figura 15. Para captura de eco de chuva de meteoros Delta Aguarideas, cabo coaxial deve ser desligado da parabólica e conectado a antena Yaggi para posicionamento de frequência desejada.



Fonte: Elaborado pelo autor

Verifique se a impedância de saída da antena acima é de 300Ω . Será necessário um cabo duplo para levar o sinal ao seu receptor. Caso utilize cabeamento coaxial de 75Ω , será necessário um *casador* de impedância equivalente.

O suporte de sustentação da antena deve ser adequado e resistente, mas que permita giro de ajuste e localização da fonte transmissora.

2.3. CONFIGURAÇÃO DE SOFTWARE PARA OPERAÇÃO DE AMBOS OS SISTEMAS DE CAPTURA

O equipamento necessário para a estação de coleta de dados será:

- **Computador:** PC ou notebook com sistema operacional Windows (98/NT/2000 /XP /Vista/WIN7/Windows 10). Este computador precisará de uma placa de som que tenha uma entrada de áudio externa (conector "line in").
- **Software Radio Skypipe:** Foi necessário o uso de um programa de gráficos de ruído, Radio Skypipe para capturar o sinal imprevisível refletido da trilha de meteoros ou linha de hidrogênio. Este programa está disponível apenas para sistemas operacionais Windows.

A partir disso, estas são as etapas que devem ser seguidas:

2.3.1. Software Radio skypipe

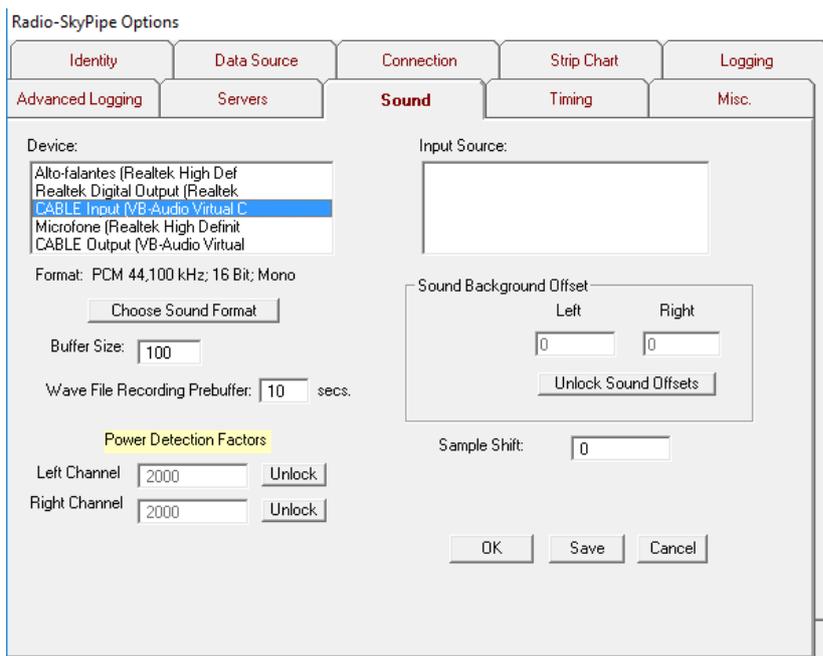
A configuração dos aplicativos Radio Skypipe e SDR Sharp seguem parametrização documentada segundo (HIPOLITO, ARANHA, 2017) e são descritos a seguir:

Radio SkyPipe é um programa muito popular para coleta de dados e representação gráfica de sinais, e é um software livre (PORTAL RADIOSKY). Este programa nesta etapa do projeto é para validar as configurações para que trabalhe em conjunto com o RTL-SDR Dongle USB e o SDR Sharp.

Configurações do SkyPipe – Na aba “Options”, a partir da janela principal, seleciona-se a aba “sound”, em seguida o dispositivo de som adequado. Neste caso é “Line In” ou “Cable In”, dependendo da placa de som instalada no computador. Em seguida, na aba “data source”, seleciona-se “sound card left” ou “right” (na versão gratuita somente um canal é permitido) (HIPOLITO, ARANHA, 2017).

As figuras 16 e 17 abaixo apresentam as configurações descritas devem ser realizadas.

Figura 16. Aplicativo radio skypipe, aba options é acionada para configuração do subitem sound e correta adequação da conexão de sinal ruído.



Fonte: Hipolito, Aranha, 2017, p. 9.

Figura 17. Aplicativo radio skype, aba options -> data source é acionada e configurada para escolha do dispositivo de áudio presente na estação de coleta de dados.



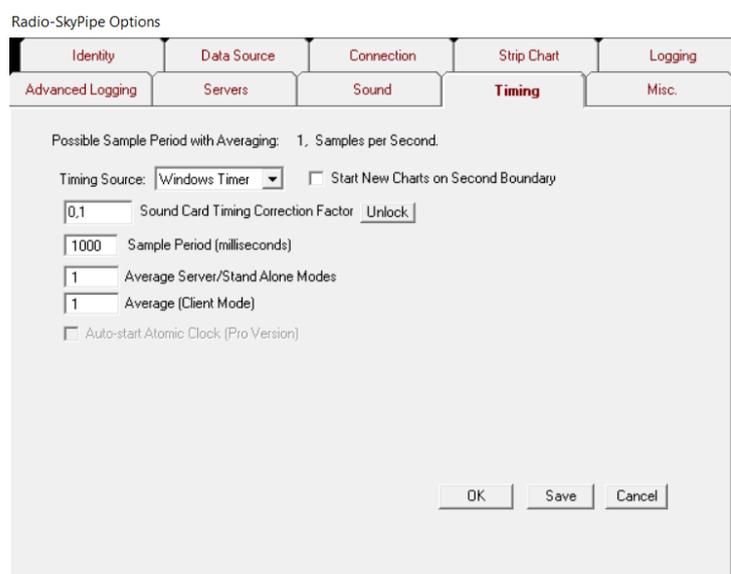
Fonte: Hipolito, Aranha, 2017, p. 9

As figuras 18 e 19 mostram as últimas etapas da configuração do SkyPipe, conforme descrito abaixo.

O período de captura é ajustado na aba “Timing” e usualmente utilizam-se os valores 0,1 e 1 segundo. O gráfico em tempo real pode ser melhor configurado fazendo-se ajustes de apresentação na aba ‘Strip Chart’.

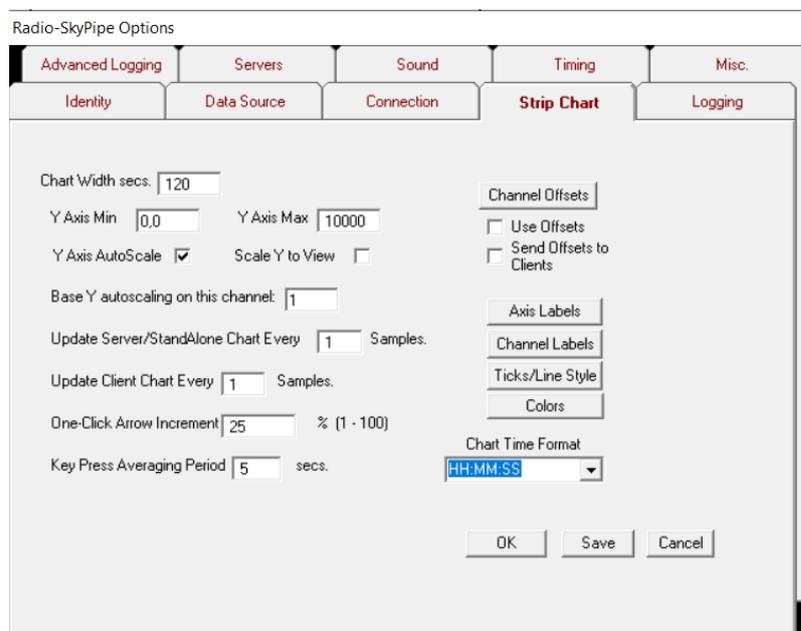
O gráfico em tempo real pode ser melhor configurado fazendo-se ajustes de apresentação na aba ‘Strip Chart’ (HIPOLITO, ARANHA, 2017).

Figura 18. Aplicativo radio skypepipe, aba options -> timing é acionada e configurada com parâmetros adequados para o teste a ser realizado em campo.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 19. Aplicativo radio skypeipe, aba options -> Strip Chart é acionada e deve ser configurada de forma a apresentar claramente intensidade de radiação por unidade de tempo.



Fonte: Elaborado pelo autor

Na sequência, seguiu os seguintes passos:

1. Defina a Largura do gráfico para configuração desejada. 900 (15 minutos é um bom começo)
2. Ajuste o Eixo Y para 10000
3. Desmarque a Escala Automática do Eixo Y
4. Defina o gráfico de atualização a cada 1 Amostra
5. Marque Utilizar Desvios e defina Deslocamento para CH 1 a 100
6. Marque o Eixo X - Tempo; Rotular a Amplitude de Detecção do Eixo Y

A prioridade do programa SkyPipe é configurada na aba “Priority” a partir da janela principal. Pode ser necessário ajustar para “high” ou “real time” caso esteja usando um computador de baixa performance. Como o SDRSharp é um aplicativo que usa muitos recursos, dessa forma o SkyPipe pode não “plotar” corretamente o gráfico conforme a figura 3.5, isto é, nível de intensidade de radiação por unidade de tempo, cuja leitura Skypipe apresenta Temperatura em Kelvin por Tempo T em horas (HIPOLITO, ARANHA, 2017).

2.3.2. Software SDR Sharp

Software SDR Sharp: Foi usado programa sintonizador de frequência, SDRSHARP para correta configuração da frequência de 1420 MHz de linha de hidrogênio. Este programa está disponível para sistemas operacionais Windows, MAC e Linux.

O “SDRSharp” – SDR (Software Defined Radio) é um software gratuito. O custo somente está associado a aquisição do “Dongle” (sintonizador de frequência USB). O SDR é uma implementação de sistema de comunicação de rádio onde os componentes físicos, que são normalmente dispositivos eletrônicos como moduladores, amplificadores, mixers e detectores, são substituídos por um software instalado em um computador dedicado. Este software equivale a um rádio comum com as suas funções e características físicas.

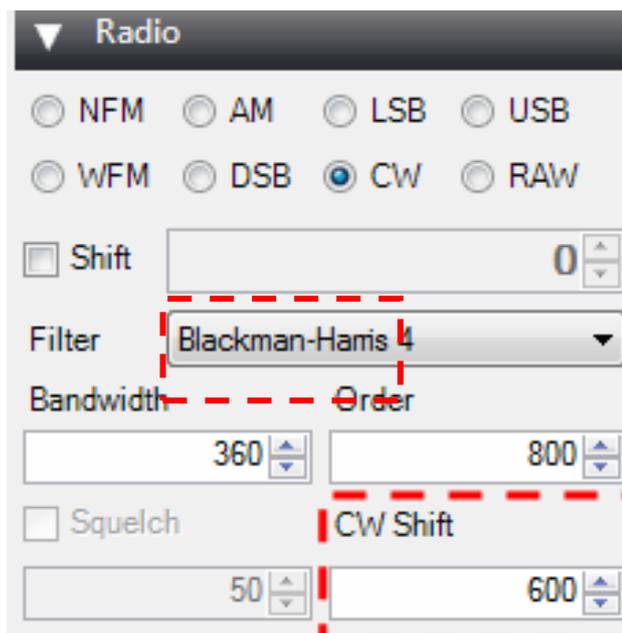
Uma quantidade considerável de processamentos de sinais é realizada por processadores de propósito geral do que em hardware especial dedicado. Este tipo de desenho produz um “radio” capaz de trabalhar na faixa de frequência de 50Hz até 2,5 GHz sem a necessidade de alterar qualquer tipo de hardware. O SDR também permite diferentes protocolos de rádio, acessando simplesmente bibliotecas específicas.

O que segue é um método de medir a intensidade de um sinal de rádio de 1420 MHz, (que é uma faixa de sinal de rádio) de acordo com uma faixa de operação, por exemplo, AM, FM ou CW. A habilidade de medir a intensidade de sinal é extremamente valiosa nos estudos de sinais de rádio que está a longa distância da fonte geradora.

No SDRSharp não há como recuperar a intensidade do sinal de onda da portadora. Porém, é possível converter o nível de sinal da portadora para áudio, cuja amplitude varia com o nível de sinal, usando a função “Beat Frequency Oscillator” (BFO), que está disponível no SDRSharp quando se utiliza o “sintonizador” CW. O sinal de áudio da saída, (som característico emitido pela faixa de frequência) pode ser configurado para diferentes frequências no painel do SDRSharp, mas neste caso, para os testes preliminares, foi usada a frequência padrão de 600 Hz (HIPOLITO, ARANHA, 2017).

Na figura 20 é apresentada a configuração adequada para o CW 600.

Figura 20. Aplicativo SDR Sharp, aba rádio, acionar comando CW (continuous wave) para definir modo de captura de frequência, o mesmo deve ser testado com outros parâmetros de frequência conforme necessidade.



Fonte: Hipolito, Aranha, 2017, p.7

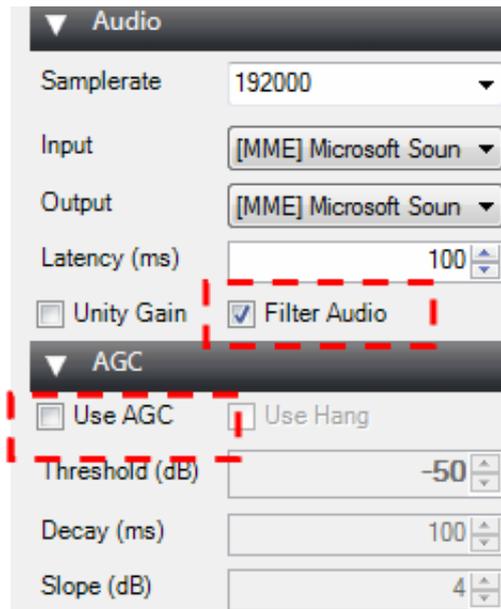
Filtro de banda – A largura de banda deve ser estreita, somente algumas centenas de Hz a cada lado da portadora, com objetivo de reduzir o ruído de fundo e, dessa forma, fazendo o BFO (“Beat Frequency Oscillator”) ser dominante na escuta (Bandwidth = 360 Hz, figura 20). Este passo é importante porque será utilizado o Skypipe para converter o sinal de áudio para dados gráficos, isto é, o áudio gerado no SDRSharp será enviado via cabo virtual para o Skypipe e este irá gerar um gráfico cartesiano da variação deste mesmo áudio ao longo de certo período.

Controle de ganho automático – A função AGC não deve ser ativada no painel virtual, porque nos testes iniciais será usada configuração CW de sinal. O “Audio Filter” deve ser habilitado (HIPOLITO, ARANHA, 2017).

Zoom FFT – A opção “Zoom FFT” deve ser acionada. A visibilidade da frequência intermediária (IF) é importante para o ajuste fino do sinal a ser medido.

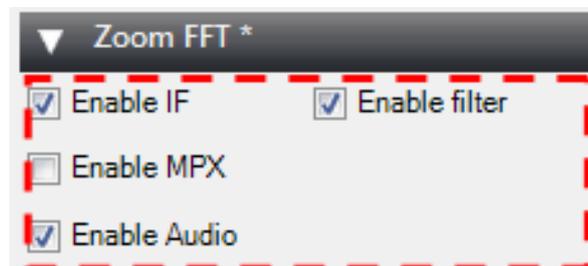
As próximas três figuras, 21, 22 e 23 mostram o passo a passo para configurar o filtro de banda, ganho automático e FFT.

Figura 21. Aplicativo SDR Sharp, aba Audio, comando áudio filter ativado para melhorar nível de captura de frequência na fase de testes de campo.



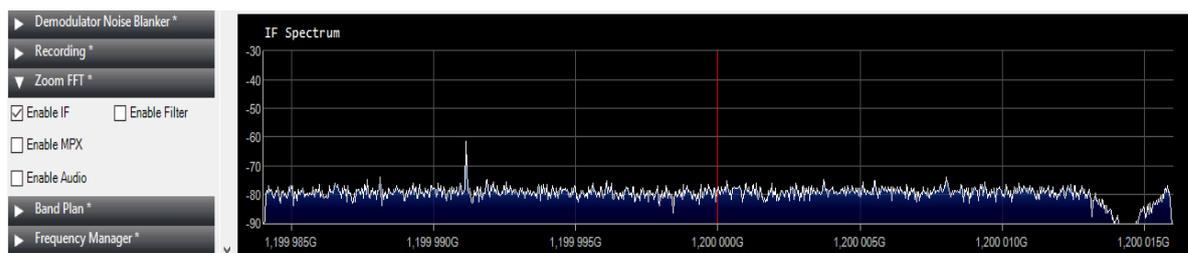
Fonte: Hipolito, Aranha, 2017, p. 7

Figura 22. Aplicativo SDR Sharp, aba Zoom FFT, habilitado enable IF e Filter para melhor visualização de transformada rápida de Fourier que suaviza da apresentação da curva.



Fonte: Hipolito, Aranha, 2017, p. 7

Figura 23. Aplicativo SDR Sharp, aba Zoom FFT, comando IF (frequência intermediária) para acompanhar particularidades da frequência capturada.



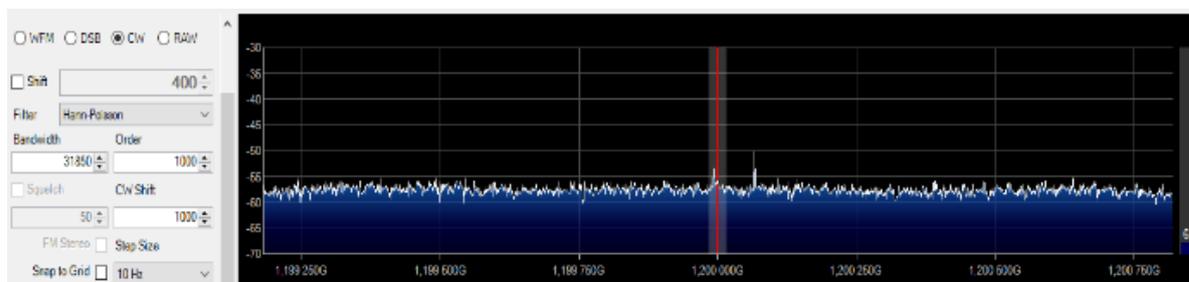
Fonte: Hipolito, Aranha, 2017, p. 8

O áudio do BFO é mais puro com sinal CW centralizado na faixa IF. Produzindo deste modo uma medida precisa e estável.

Configurando a medida de frequência – Este procedimento pode ser realizado digitando-se a frequência desejada na parte superior do SDRSharp ou usando o cursor vermelho. Neste trabalho fixou-se a frequência em 1,42 GHz e a largura de banda de 2MHz, dessa forma diminui-se a incidência de ruído no sinal de que podem comprometer resultados da coleta de dados. Nesta etapa é desejado monitorar uma determina faixa de frequência, mas com restrição a direita e a esquerda do ponto central (HIPOLITO, ARANHA, 2017).

As configurações de áudio são apresentadas na figura 24, abaixo.

Figura 24. Aplicativo SDR Sharp, console de frequência de linha de hidrogênio, conforme parâmetro das especificações do radiotelescópio.

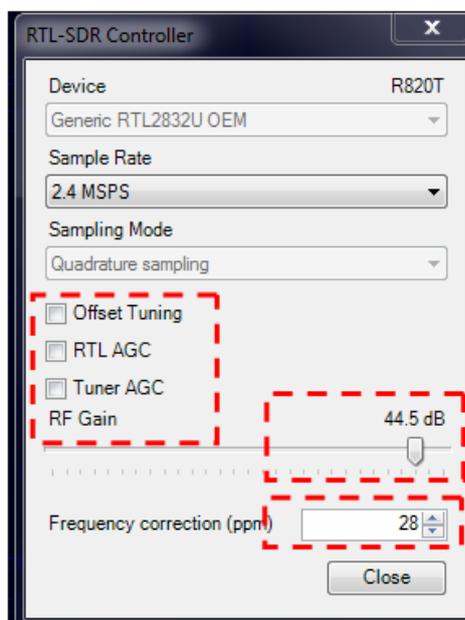


Fonte: Hipolito, Aranha, 2017, p. 8

Configurando parâmetros do Dongle USB – Para configurar o “Dongle”, basta acionar o botão “configure” ao lado do ajuste de frequência. O “Offset Tuning”, “RTL AGC” e “AGC Tuner” devem estar desmarcados. O “RTL Gain” ou RF “Gain” são opções de ajuste e deve ser ajustado apropriadamente, alinhado com o sinal a ser medido, isto é, alto o suficiente para uma boa relação sinal-ruído, mas não muito para não sobrecarregar o dispositivo com sinais muito fortes. O “frequency correction” é ajustado para compensar cada modelo de “Dongle” (HIPOLITO, ARANHA, 2017).

As configurações do “dongle” podem ser vistas na figura 25.

Figura 25. Aplicativo SDR Sharp, aba RTL-SDR, configurar o dispositivo RTL USB utilizado para correto ajuste de frequência.



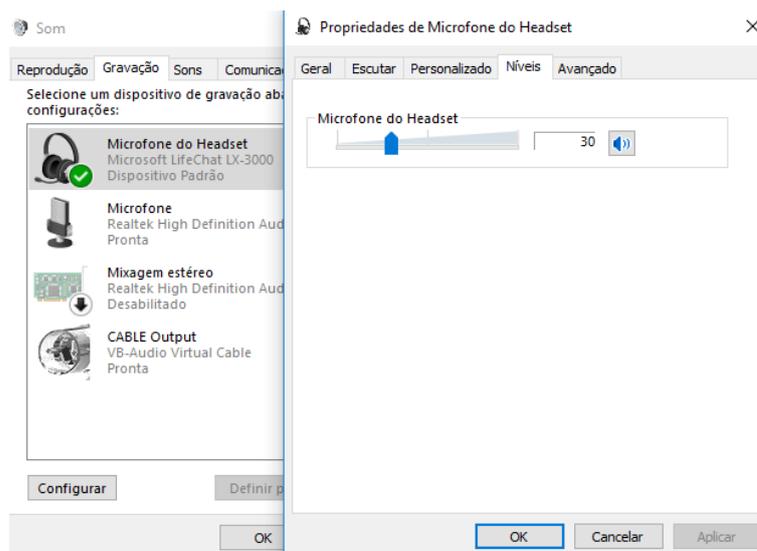
Fonte: Hipolito, Aranha, 2017, p. 8

A próxima etapa é configurar a placa de som do sistema computacional.

Configurando a Placa de Som – Quando a saída do headfone está configurada, deve-se observar as figuras 26 e 27.

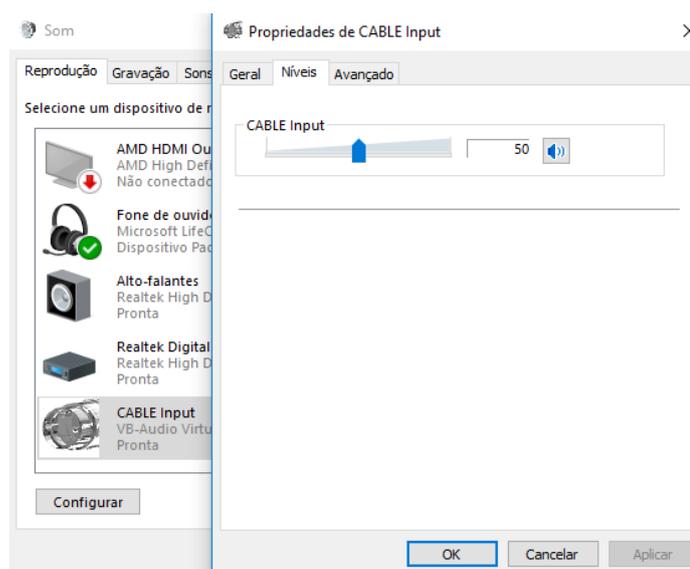
O nível de saída deve ser ajustado de modo a não saturar o BFO. O nível de saída do “headfone” deve ser ajustado para aproximadamente 30%. Selecione para aproximadamente 50% a opção “cable input”, mas verifique que não sature para sinais mais fortes (HIPOLITO, ARANHA, 2017).

Figura 26. Configurar no sistema operacional da estação de coleta de dados (Windows 10), propriedades da placa de vídeo, níveis.



Fonte: Hipolito, Aranha, 2017, p. 8

Figura 27. Configurar no sistema operacional da estação de coleta de dados (Windows 10), propriedades cable input, níveis.



Fonte: Hipolito, Aranha, 2017, p. 8

A fim de proporcionar uma melhor compreensão do uso dos softwares e da montagem da antena dois vídeos foram produzidos e podem ser acessados em <https://youtu.be/RDfn9xr7zxM> e <https://youtu.be/lkRu2r7eTQ>.

2.4. OLHANDO O INVISÍVEL

Com o radiotelescópio completo e pronto para uso é o momento de observar aquilo que não é possível a olho nu através da Astronomia ótica, o conjunto de antenas precisa ser posicionado firmemente no pátio externo da escola, o professor deve orientar cada etapa do ajuste de posição do sistema, porque é imprescindível que a maneira de se fazer o apontamento para Sagitário A seja correto e adequado, isto é, posicionamento de azimute e elevação quando fizer uso do equipamento para radiação de linha de hidrogênio.

Durante a primeira fase para melhor entendimento do processo de ajuste e captura de dados, a antena parabólica pode ser apontada para Sol para medir níveis de radiação e o aluno pode acompanhar através do gráfico no aplicativo radio skype. Importante ressaltar que ajustes de posição e ajustes nos aplicativos são necessários, sendo preciso paciência e determinação de todos os envolvidos, pois estas etapas fazem parte da ciência e de resolução de problemas complexos.

Em uma segunda etapa, deve ser testada a reflexão de ondas de rádio em função de chuva de meteoros. É necessário verificar por pesquisa, as datas previstas para uma chuva de meteoros e configurar o sistema para captação de frequência de rádio. Esta é uma configuração mais simples porque é usada somente a antena yaggi que é colocada no ambiente externo sem uma posição específica, bastando trocar o cabo coaxial da parabólica para a yaggi e estando ao ar livre para captação de ondas. Todo monitoramento é feito através da estação de coleta de dados.

2.5. CUIDADOS GERAIS

Um rádio telescópio profissional custa milhões de dólares e o objeto deste trabalho é de baixo custo e isto torna seu ajuste fino mais exigente.

Cada etapa deve ser seguida com máxima paciência validando e ajustando cada configuração, tornando o processo de aprendizagem cada vez mais rico.

O uso do aparelho no sol não é recomendado porque o aquecimento da antena gera interferência por radiação infravermelho, afetando de forma negativa na leitura e registro de dados.

A calibração de todo o sistema é demorada porque cada equipamento de baixo custo tem suas características resistivas e indutivas que requer atenção do professor no momento de ajustes de software, fazendo que vários testes de campos são necessários, mas isto torna a aprendizagem ainda interessante e com foco em resolução de problemas complexos.

ANEXO 1

AVALIAÇÃO - CULMINÂNCIA

A culminância das eletivas, disciplina da área das Ciências, é o momento que a escola se prepara para compartilhar o que foi aprendido após as fases de aulas e oficinas em um clima de troca de conhecimentos, de experiências e de proposição de novos desafios para avançar nos períodos que vem pela frente.

Como resultado do projeto, a eletiva de radiotelescópio foi eleita pelos alunos e professores como a melhor do semestre e os alunos foram avaliados pela comunidade escolar (direção, professores e pais) e receberam os certificados pela apresentação do projeto.

Figura 1. Culminância EE Fernanda Camargo Pires – junho 2019



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 2. Culminância EE Fernanda Camargo Pires – junho 2019



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3. Culminância EE Fernanda Camargo Pires – junho 2019



Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo a diretora da escola, como consequência deste trabalho, os alunos foram pré selecionados para participar do 3º Cube Design, realizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em São Jose dos Campos.

O CubeDesign é uma competição de desenvolvimento de pequenos satélites com objetivo de aproximação da sociedade com as ciências espaciais, para ressaltar a importância dessas atividades.

Esse evento está no seu terceiro ano, e é a primeira vez que uma escola estadual é selecionada para integrar a equipe de competidores.

Figura 4. E-mail de confirmação Cubdesign 2020

Importante: CubeDesign e o Futuro



CubeDesign <cubedesign@inpe.br>

Para vt.veronica.trevizoli@gmail.com; gabriel_braba@hotmail.com

Responder Responder a Todos Encaminhar

sex 15/05/2020 20:36

Esta mensagem foi respondida ou encaminhada.

Sua equipe está selecionada para participar do 3º CubeDesign em 2021. E te parabenizamos por isso!!!

Caso, algum dos integrantes se forme e ainda queira participar, sem problema. Vamos permitir essa participação. Mas só vale para os membros já inscritos.

Sobre o pagamento das inscrições?! Falamos disso um pouco mais para frente, certo? Desse modo, estamos prevendo que sua inscrição já é uma intenção de participação. Então, assim que ficar estabelecida a data de realização, daremos um prazo para as equipes realizarem o pagamento da taxa de inscrição.

Além disso, estabeleceremos novos canais de comunicação para a comunidade de CubeDesigners.

Embora, o evento tenha sido adiado, vamos investir na produção de conteúdo nos nosso Podcast (em breve conversaremos sobre isso), capacitação das equipes e promoção de desafios com o intuito de aumentar o nível da competição. Tudo virtual, é claro. Fiquem atentos aos e-mails e nossas redes sociais.

Apesar dos pesares, esperamos que vocês entendam que estamos fazendo todo o possível para manter a chama da determinação, criatividade e inovação acesas em cada uma das equipes.

Se cuidem mantendo o trabalho de forma virtual e nos chame em caso de dúvidas.

Fonte: Elaborado pelo autor