



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL



MARCELO LAGO ARAÚJO

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

Feira de Santana - BA

2017

MARCELO LAGO ARAÚJO

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

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Astronomia, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Astronomia.

Orientadores:

Prof. Dr. Germano Pinto Guedes

Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira

Feira de Santana - BA

2017



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CANDIDATO: MARCELO LAGO ARAÚJO

DATA DA DEFESA: 21 de dezembro de 2017 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS - UEFS

HORÁRIO DE INÍCIO: 17:06

MEMBROS DA BANCA		FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO	CPF			
GERMANO PINTO GUEDES	407.961.595-72	Presidente	DR	UEFS
MARILDO GERALDÊTE PEREIRA	793.153.647-91	Membro Interno	DR	UEFS
PAULO CÉSAR DA ROCHA POPPE	926.229.257-00	Membro Interno	DR	UEFS
MARCUS VINÍCIUS SANTOS DA SILVA	513.464.605-82	Membro Externo	DR	UFBA

TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO*:

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

*Anexo: produto(s) educacional(is) gerado(s) neste trabalho.

Em sessão pública, após exposição de 49 min, o(a) candidato(a) foi argüido(a) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 2h. A banca chegou ao seguinte resultado**:

- APROVADO(A)
 INSUFICIENTE
 REPROVADO(A)

** Recomendações¹: O candidato deverá atender as recomendações sugeridas pelos membros da Banca.

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima relacionada, pelo candidato e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Feira de Santana, 21 de dezembro de 2017

Presidente: [Assinatura]
Membro 1: [Assinatura]
Membro 2: [Assinatura]
Membro 3: [Assinatura]
Candidato (a): [Assinatura]
Coordenador do PGAstro: [Assinatura]

¹ O aluno deverá encaminhar à Coordenação do PGAstro, no prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa, os exemplares definitivos da Dissertação, após realizadas as correções sugeridas pela banca.

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



**ANEXO DA ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO:
PRODUTO EDUCACIONAL GERADO NO TRABALHO FINAL DE CURSO**

CANDIDATO: MARCELO LAGO ARAÚJO

DATA DA DEFESA: 21 de dezembro de 2017 **LOCAL:** Sala 03 do LABOFIS - UEFS

HORÁRIO DE INÍCIO: 17:06h

Roteiros de Construção e de Experimentos: Radioastronomia – Produtos Educacionais

Feira de Santana, 21 de dezembro de 2017.

Presidente: [Assinatura]
Membro 1: [Assinatura]
Membro 2: [Assinatura]
Membro 3: [Assinatura]
Candidato (a): [Assinatura]
Coordenador do PGAstro: [Assinatura]

Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

A69s Araújo, Marcelo Lago
Simuladores experimentais de radiotelescópios para o ensino de
Astronomia no nível médio./ Marcelo Lago Araújo. Feira de Santana,
2017.
253f.: il.

Orientadores: Germano Pinto Guedes; Marildo Geraldête Pereira

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de
Santana. Programa de Pós-Graduação em Astronomia, 2017.

1.Radioastronomia. 2.Eletromagnetismo. 3.Ensino médio.
4.Produzidos educacionais. I.Guedes, Germano Pinto, orient. II.Pereira,
Marildo Geraldête, orient. III.Universidade Estadual de Feira de
Santana. IV. Título.

CDU : 521/523(07)

Dedico este trabalho aos meus pais: Jonas e Valdete.

AGRADECIMENTOS

A Márcia e João, que, gentilmente, permitiram transformar o sítio num radiotelescópio.

Aos irmãos Laíse, Leonardo e Suely.

A Bárbara, Jordan e Paulo.

A Alexey, Aline, Josinéia e Roseane.

Ao Centro de Meditação de Salvador da SRF (Self-Realization Fellowship)

À gerência da Anatel, em Salvador/BA, aos coordenadores Jorge e Paulo.

Ao Observatório Antares, em Feira de Santana/BA, em especial ao Prof. Paulo.

Ao Clube de Astronomia de Feira de Santana, Prof. Carlos.

Aos projetos *Radio Jove Project*, *Radio-Sky Publishing* e ao *VLF Inspire Project*.

Aos estudantes e professores dos colégios: Colégio Estadual Teotônio Vilela, Colégio

Modelo Estadual L. E. Magalhães, Escola Municipal J. P. Vasconcelos, Colégio

Estadual Juiz Jorge Farias Góes, Colégio CIEAC.

Ao IFBA, de Vitória da Conquista.

Ao IAT, de Salvador/BA.

À Bahia Marina.

Ao MPAstro, a Fernanda e, em especial, à Prof.^a Vera.

A todos os professores do MPAstro, professores Ana Verena, Carlos.

Aos professores que avaliaram este trabalho na qualificação: Prof. Dagoberto, Prof.

Delson, Prof. Paulo.

A todos os colegas mestrandos do MPAstro, em especial: Alberto, André, Carla,

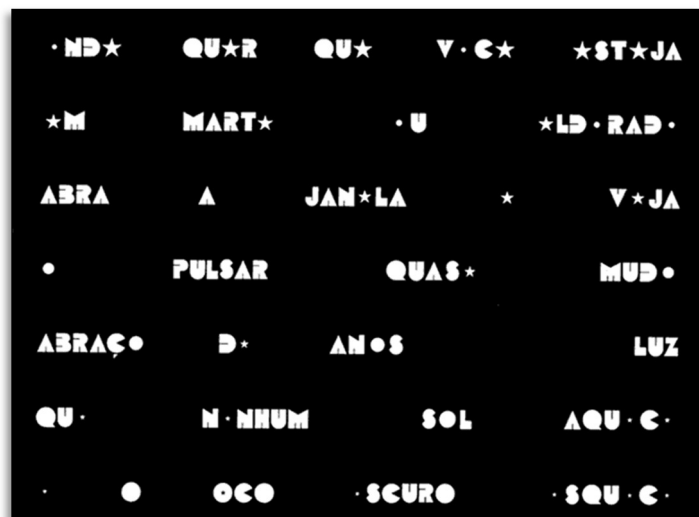
Iranéia, James e Jorge.

Às viagens semanais via BR-324, percurso para fomentar ideias.

Agradecimento especial aos meus orientadores, Prof. Germano e Prof. Marildo.

*“Sou o oceano azul do céu
Sou a pequena gota do céu
Silencioso céu”*

*Cantos Cósmicos
Paramahansa Yogananda*



Augusto de Campos, O Pulsar, 1975

RESUMO

Com a Radioastronomia podemos estudar o Universo por meio das ondas de rádio que chegam até nós, aproveitando as janelas de observação atmosférica. É um ramo da Astronomia que abrange o desenvolvimento de novas tecnologias para a captação, detecção, armazenamento e análise de imensas quantidades de dados. Num cenário de diversas inovações tecnológicas, os desenvolvimentos científicos oriundos da Radioastronomia têm impacto em outros campos do saber e o estudo desta Ciência é um recurso pertinente para o Ensino de componentes da Física, em caráter interdisciplinar. Antes de propor os Produtos Educacionais, tendo a Radioastronomia como tema, foi necessário vivenciar seus aspectos práticos, desde a construção de protótipos às observações radioastronômicas com radiotelescópios experimentais, como o *Radio Jove*. As vivências em campo se constituíram numa prática que pode ser adotada por outros professores. Forneceram conhecimentos para o desenvolvimento dos Produtos Educacionais propostos: Experimento de Hertz, Rádio de Galena Adaptado, Simulador de Io-Júpiter, Simulador de Pulsar, Radiotelescópio Banda Ku, Simulador RCFM, Oficina para Professores e o sítio na Internet, repositório dos roteiros dos Produtos Educacionais. Também colaboraram para a metodologia desenvolvida que inclui a proposta de aplicação em sala de aula com a utilização de Mapas Conceituais e Diagramas em Vê, para diagnóstico, avaliação e condução dos experimentos. Os produtos foram testados e avaliados qualitativamente, a partir de sua aplicação em eventos de divulgação científica em ambientes formais e não formais de ensino. Nestas avaliações, obtiveram qualificação positiva que indica a sua relevância para a promoção da aprendizagem significativa, a partir dos itens analisados.

Palavras-chave: Radioastronomia. Eletromagnetismo. Ensino Médio. Produtos Educacionais.

ABSTRACT

With Radio Astronomy we can study the Universe through the radio waves that reach us, taking advantage of the windows of atmospheric observation. It is an Astronomy branch that covers the development of new technologies for the capture, detection, storage and analysis of immense amounts of data. In a scenario of several technological innovations, the scientific developments from Radio Astronomy have an impact on other fields of knowledge. The study of this Science is a pertinent resource for the teaching of components of Physics, in an interdisciplinary way. Before proposing the Educational Products, with Radio Astronomy as its theme, it was necessary to experience its practical aspects, from the construction of prototypes to radioastronomical observations with experimental radio telescopes, such as Radio Jove. Field experiences have become a practice that can be adopted by other teachers. They provided knowledge for the development of the proposed Educational Products: Hertz Experiment, Adapted Galena Radio, Io-Jupiter Simulator, Pulsar Simulator, Ku Band Radio Telescope, RCFM Simulator, Teacher Workshop and Website, repository of Educational Product guides. They also collaborated on the developed methodology that includes the proposal of classroom application with the use of Conceptual Maps and V Diagrams, for diagnosis, evaluation and conduction of the experiments. The products were tested and evaluated qualitatively, from their application in events of scientific dissemination in formal and non-formal teaching environments. In these evaluations, they obtained a positive qualification that indicates their relevance to the promotion of meaningful learning, based on the items analyzed.

Keywords: Radio Astronomy. Electromagnetism. High School. Educational Products.

LISTA DE SIGLAS

AAASP - Associação dos Amadores de Astronomia de São Paulo
AEB – Agência Espacial Brasileira
ALMA - Atacama Large Millimetric Array
AM – Amplitude Modulada
ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações
ASTRON - Netherlands Institute for Radio Astronomy
AT – Alta Tensão
AU – Astronomical Unit
AWG – American Wire Gauge (Medidor de Fio Americano)
BDA – Brazilian Decimetric Array
BNCC - Base Nacional Comum Curricular
BINGO - Baryon Acoustic Oscillations In Neutral Gas Observations
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAFS - Clube de Astronomia de Feira de Santana
CiS – Cube in Space
CLEA - Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy
CML – Central Meridian Longitude
COBE - Cosmic Background Explorer
CRAAM – Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica Mackenzie
CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
ESA – European Space Agency
FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FM – Frequência Modulada
GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física
GSFC - Goddard Space Flight Center
HF – High Frequency
IAG - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP
IAU - International Astronomical Union
IFUSP - Instituto de Física da Universidade de São Paulo
IGY – International Geophysical Year
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ISAS - Institute of Space and Astronautical Science (do Japão)

ITU - International Telecommunication Union
JPL – Jet Propulsion Laboratory
LDB – Lei de Diretrizes e Bases (da Educação)
LED – Light Emitter Diodo (Diodo Emissor de Luz)
LIGO - Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory
LINEA – Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia
LLAMA - Long Latin American Millimeter Array
LNA – Laboratório Nacional de Astrofísica
LNA – Low Noise Amplifier
LNB – Low Noise Block
LOFAR - Low Frequency Array
MASER – Microwave Amplifier by the Stimulated Emission of Radiation
(amplificação de micro-ondas por emissão estimulada de radiação)
MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia
MDSCC – Madrid Deep Space Communication Complex
MPAstro – Mestrado Profissional em Astronomia
NARA – Núcleo de Apoio à Pesquisa em Radioastronomia
NASA – National Aeronautics and Space Administration
NIC.BR - Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR
NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration
NRAO - National Radio Astronomy Observatory
NRH - Nançay Radioheliograph
OBA – Olimpíada Brasileira de Astronomia
OC – Ondas Curtas
OCDE - Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
OM – Ondas Médias
ON – Observatório Nacional
PARFOR - Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica
PARTNeR – Proyecto Académico con el Radio Telescopio de NASA em Robledo
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais
PDFF - Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil
PISA – Programme for International Student Assessment
PULSAR – Pulsating Star

PVC - Polyvinyl chloride

QUASAR - Quasi-Stellar Radio Sources

RADAR - Radio Detection and Ranging, (Deteção e Telemetria pelo Rádio)

RCFM – Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas

RF – Radiofrequência

RFI - Radio Frequency Interference

ROI – Rádio-observatório do Itapetinga

SARA – Society of Amateur Radio Astronomers

SDR – Software Defined Radio

SETI - Search for Extraterrestrial Intelligence

SKA - Square Kilometre Array

SLP – Serviço Limitado Privado

SSEP – Student Spaceflight Experiments Program

STEAM - Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics

TIC – Tecnologia da Comunicação e Informação

UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana

UNAWF - Universe Awareness Foundation

URSI - Union Radio-Scientifique Internationale (União Internacional de Radio Ciência)

UV – Ultravioleta

VHF – Very High Frequency

VIREO - Virtual Educational Observatory

VLA - Very Large Array

VLBI - Very Long Baseline Interferometry

VLW – Very Low Frequency

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Aceitação da proposta dos Produtos educacionais por professores (1).....	208
Gráfico 2 – Expectativa de utilização dos Produtos Educacionais por professores (2)	208
Gráfico 3 – Avaliação dos Produtos Educacionais pelos estudantes	209

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O desempenho dos estudantes do Brasil no PISA em Ciências, no ano de 2015, de 401 pontos, está sinalizado pelo marcador vermelho, em comparação com outros países	6
Figura 2 – Algumas aplicações das Equações de Maxwell na vida cotidiana.....	22
Figura 3 – Um dos experimentos de Hertz, para produção e detecção de ondas eletromagnéticas	23
Figura 4 – Evolução dos experimentos de Hertz com oscilações eletromagnéticas	25
Figura 5 – Curvas de radiação do corpo negro, em diversos níveis de temperatura, com a faixa de rádio ocupando os valores mais baixos	28
Figura 6 – Comparação dos espectros não-térmico e térmico, com as intensidades relativas diminuindo e aumentando com a frequência, respectivamente	31
Figura 7 – Processo Cíclotron/Síncrotron: elétron espiralando em campo magnético ..	32
Figura 8 – Janelas de observação do espectro eletromagnético: rádio e luz visível atingindo a superfície terrestre	34
Figura 9 – No lado noturno da Terra, a ionosfera pouco ionizada permite a passagem de certos sinais de rádio.....	36
Figura 10 – O espectro eletromagnético, com as ondas de rádio ocupando o extremo de maior comprimento de onda	38
Figura 11 –Campos elétrico e magnético ortogonais entre si e as antenas de transmissão (TX) e recepção (RX)	41
Figura 12 - Diagrama de irradiação da antena tipo dipolo	42
Figura 13 – Diagrama esquemático de um radiotelescópio, com antena refletora.....	43
Figura 14 – Jansky e a antena giratória com a qual descobriu sinais de rádio da Via Láctea.....	51
Figura 15 – Emissões eletromagnéticas do Sol	58
Figura 16 – Um mecanismo de emissão de rádio em Júpiter, com interação de Io e a magnetosfera do planeta	62
Figura 17 – Estrutura básica de um pulsar, com a inclinação do eixo do campo magnético em relação ao eixo de rotação	65
Figura 18 – Do Big Bang até os dias atuais.....	67
Figura 19 – Janela de observação para SETI, de 1420 MHz a 1638 MHz, o “Buraco de Água”	72
Figura 20 - Arranjo interferométrico brasileiro (BDA), do INPE.....	77
Figura 21 – Exemplo de livro didático com ilustrações de ondas eletromagnéticas, radiotelescópio ALMA e RCFM	95
Figura 22 – Mapa Conceitual com a aquisição e construção do conhecimento	104
Figura 23 – Quadrantes de Aprendizagens: a aprendizagem significativa nos quadrantes I e IV	107
Figura 24 – Mapa conceitual dos tipos de aprendizagem significativa.....	109
Figura 25 – Modelo de pontuação de Mapas Conceituais.....	124
Figura 26 – Elementos que compõem o Diagrama em Vê de Gowin	126

Figura 27 – Os oito eixos da Metodologia do Trabalho de Pesquisa	130
Figura 28 – Articulando atividades teóricas e práticas com os Produtos Educacionais	135
Figura 29 – Esquema de montagem do “Experimento de Hertz”	143
Figura 30 - Esquema de montagem do “Rádio de Galena Adaptado”	145
Figura 31 - Esquema de montagem do “Simulador Io-Júpiter”	149
Figura 32 – Tabuleiro do Simulador Io-Júpiter, com a órbita de Io e as regiões Io-A, Io-B e Io-C	151
Figura 33 - Esquema de montagem do “Simulador de Pulsar”	153
Figura 34 - Esquema de montagem do Radiotelescópio com Antena Banda Ku”	155
Figura 35 – Esquema de montagem do Simulador RCFM.....	157
Figura 36 – <i>Blog</i> e Produtos Educacionais na página www.Radioastronomia.pro.br ..	160
Figura 37 – Disposição aproximada Leste-Oeste das antenas do <i>Radio Jove</i> no Sítio de Márcia.....	166
Figura 38 – Antena e acessórios para o Radiotelescópio Banda Ku	168
Figura 39 – Tubos de PVC e ferramentas na montagem do suporte da antena dipolo.	170
Figura 40 – As duas antenas dipolo do <i>Radio Jove</i>	172
Figura 41 – Organização do Kit <i>Radio Jove</i> e acessórios, incluindo bateria e calibrador com filtro	173
Figura 42 – Registro de emissão Solar (<i>Radio Burst</i>) de 24/06/2017, captada com o <i>Radio Jove</i>	174
Figura 43 – Tela do relatório de eventos da NOAA, 24/06/2017, destacando a emissão solar captada	175
Figura 44 – Resumo dos Eventos de Divulgação Científica nos quais os produtos foram aplicados	180
Figura 45 – O Simulador de Pulsar em oficina realizada na VI Jastro.....	182
Figura 46 – Oficina no I Encontro de Incentivo à Vocação Científica	184
Figura 47 – Feira de Ciências do Colégio Estadual Teotônio Vilela	187
Figura 48 - Oficina Escola M. J. P. Vasconcelos: Revelando o Universo Escondido .	189
Figura 49 – Diagrama em Vê da Oficina.....	190
Figura 50 – Planejamento de arrumação da sala	191
Figura 51 – Exemplo de Mapa Conceitual	192
Figura 52 – Oficina Colégio Estadual Juiz Jorge Farias Góes	195
Figura 53 – Mapas Conceituais (MC) prévios – Oficina Juiz Jorge	196
Figura 54 - Mapas Conceituais (MC) Finais – Oficina Juiz Jorge	197
Figura 55 – Diagrama em Vê parcialmente preenchido	198
Figura 56 – <i>Radio Jove Bulletin</i> – “Radio Jove in Bahia”	200
Figura 57 – Oficina na XX Semana de Física – UEFS 2017	203
Figura 58 – Eventos da Radioastronomia Amadora e Divulgação Científica.....	205

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Os termos das Equações de Maxwell, por Heaviside.....	20
Quadro 2 – Fontes típicas de radiação termal.....	29
Quadro 3 – Absorção de micro-ondas por tipo de molécula presente na atmosfera da Terra.....	35
Quadro 4 – Classificação do espectro eletromagnético de rádio e micro-ondas.....	39
Quadro 5 – Bandas de micro-ondas.....	40
Quadro 6 – Algumas descobertas significativas da Radioastronomia.....	54
Quadro 7 - Regiões de emissão Io e Não-Io.....	60
Quadro 8 – Resumo das emissões de rádio típicas de Júpiter.....	63
Quadro 9 – Pesquisas realizadas no ROI.....	77
Quadro 10 – Faixas de frequências para Radioastronomia, conforme ITU.....	82
Quadro 11 – Sítios na Internet de radioastronomia amadora.....	85
Quadro 12 – Ondas de rádio nos livros didáticos.....	93
Quadro 13 - Levantamento de atividades que podem ser utilizadas, por livro didático.	97
Quadro 14 – Sugestões de recursos complementares para o professor.....	99
Quadro 15 - Descrição resumida de tipos de laboratórios.....	118
Quadro 16 - Critérios de avaliação com os Mapas Conceptuais.....	123
Quadro 17 – Critérios de avaliação com o Diagrama em Vê.....	128
Quadro 18 – Categorias dos Produtos Educacionais.....	131
Quadro 19 – Etapas de utilização.....	136
Quadro 20 – Produtos Educacionais, eventos históricos e a Física.....	138
Quadro 21 – Pesquisa de roteiros.....	140
Quadro 22 – Tipos de Roteiros.....	140
Quadro 23 – Relação das Competências em Física com os Produtos Educacionais....	162
Quadro 24 - Relação dos Temas Estruturadores em Física com os Produtos Educacionais.....	163
Quadro 25 - Sessão de observação do Sol – 24/06/2017.....	175
Quadro 26 – Avaliação dos Mapas Conceituais prévios.....	197
Quadro 27 - Avaliação dos Mapas Conceituais (MC) Finais.....	198
Quadro 28 – Avaliação dos Produtos Educacionais pelos estudantes.....	204
Quadro 29 – Avaliação do cumprimento dos objetivos.....	205
Quadro 30 – Avaliação da pertinência da utilização dos Produtos com os conteúdos.	206

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estudantes presentes no I Encontro de Incentivo à Vocação Científica.....	183
Tabela 2 - Questões 1 e 2.....	184
Tabela 3 - Questão 3.....	185
Tabela 4 - Questões 4 e 5.....	185
Tabela 5 - Questionário com avaliação dos participantes	186
Tabela 6 – Quantidade de presenças por evento.....	207

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	13
2 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS.....	16
2.1 ASPECTOS DA FÍSICA DE EMISSÃO DE RADIOFREQUÊNCIAS.....	16
2.1.1 Maxwell e as equações do eletromagnetismo.....	18
2.1.2 Os experimentos de Hertz.....	22
2.2 MECANISMOS DE EMISSÃO DE ONDAS DE RÁDIO.....	26
2.2.1 O corpo negro e as emissões térmicas.....	26
2.2.2 Emissões não térmicas: cíclotron e síncrotron.....	30
2.3 JANELAS DE OBSERVAÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....	33
2.3.1 A ionosfera e as observações radioastronômicas.....	35
2.4 ONDAS DE RÁDIO E ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....	37
2.5 ANTENAS E RECEPTORES DE RÁDIO.....	40
3 A RADIOASTRONOMIA.....	46
3.1 A RADIOASTRONOMIA NO CONTEXTO DE DESCOBERTAS CIENTÍFICAS....	49
3.2 RADIOFONTES E OS PRODUTOS EDUCACIONAIS: SOL, JÚPITER, PULSARES E A RCFM.....	56
3.2.1 O Sol.....	56
3.2.2 Júpiter.....	59
3.2.3 Pulsares.....	64
3.2.4 Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas - RCFM.....	66
3.3 OUTROS ESTUDOS COM A RADIOASTRONOMIA: EXOPLANETAS, ASTROBIOLOGIA E SETI.....	68
3.4 PANORAMA DA RADIOASTRONOMIA NO MUNDO E NO BRASIL.....	73
3.4.1 Exemplos de observatórios radioastronômicos.....	74
3.4.2 A Radioastronomia no Brasil.....	75
3.5 RADIOASTRONOMIA PROFISSIONAL E EXPERIMENTAL.....	79
3.6 ESTADO DA ARTE NA RADIOASTRONOMIA.....	86
4 RADIOASTRONOMIA E EDUCAÇÃO.....	88
4.1. CIÊNCIA, TECNOLOGIA, ENGENHARIA, ARTE E MATEMÁTICA.....	91
4.2 LIVROS DIDÁTICOS E A RADIOASTRONOMIA.....	92
4.3 MATERIAIS COMPLEMENTARES PARA A PESQUISA DO PROFESSOR.....	97
4.4 POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL.....	99
5 REVISÃO DE LITERATURA - APRENDIZAGEM.....	102
5.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	105
5.2 MAPAS CONCEITUAIS E DIAGRAMA HEURÍSTICO EM VÊ.....	110
5.3 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA.....	114
5.4 ROTEIROS DE AULAS PRÁTICAS.....	119
5.5 INTERDISCIPLINARIDADE E TRANSVERSALIDADE.....	120
5.6 AVALIAÇÃO COM MAPAS CONCEITUAIS E DIAGRAMAS EM VÊ.....	121

6 METODOLOGIA E PRODUTOS EDUCACIONAIS.....	130
6.1 PROPOSTA METODOLÓGICA - PRODUTOS EDUCACIONAIS EM SALA DE AULA.....	132
6.2 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS EDUCACIONAIS.....	137
6.3 ROTEIROS DE CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO E OS PRODUTOS EDUCACIONAIS.....	139
6.3.1 Experimento de Hertz.....	141
6.3.2 Rádio de Galena Adaptado.....	144
6.3.3 Simulador Io-Júpiter.....	148
6.3.4 Simulador de Pulsar.....	152
6.3.5 Radiotelescópio com Antena Banda Ku.....	154
6.3.6 Simulador da Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas – RCFM.....	156
6.3.7 Criação do Sítio www.radioastronomia.pro.br	159
6.3.8 Oficinas para Professores.....	161
6.4 OS PRODUTOS EDUCACIONAIS E OS PCN.....	162
6.5 AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES EM CAMPO E EVENTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....	164
7 ATIVIDADES REALIZADAS RELACIONADAS AO PROJETO.....	166
7.1 RELATO DE EXPERIÊNCIA EM CAMPO – RADIOASTRONOMIA AMADORA.....	166
7.1.1 Análise das atividades em campo com os radiotelescópios experimentais.....	176
7.2 APLICAÇÃO NA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA FORMAL E NÃO FORMAL.....	179
7.3 CONSIDERAÇÕES ANALÍTICAS SOBRE AS OFICINAS E EVENTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....	179
7.3.1 VI Jornada de Astronomia de Vitória da Conquista (VI Jastro).....	181
7.3.2 I Encontro de Incentivo à Vocação Científica (Observatório Antares).....	183
7.3.3 II Seminário Nacional de Mestrados Profissionais da Área de Ensino da Capes – II SENAMEPRAE.....	185
7.3.4 Feira de Ciências do Colégio Estadual Teotônio Vilela.....	187
7.3.5 Apresentação dos Produtos Educacionais – Evento ARES.....	188
7.3.6 Oficina de Radioastronomia: “Revelando o Universo Escondido” (1).....	188
7.3.7 Oficina de Radioastronomia: “Revelando o Universo Escondido” (2).....	189
7.3.8 Oficina “O que Fazer Para Entender a Radioastronomia?”.....	190
7.3.9 X Curso Básico de Astronomia – Observatório Antares.....	199
7.3.10 I Jornada de Astronomia do CIEAC.....	201
7.3.11 XX Semana de Física – UEFS 2017.....	202
7.4 AVALIAÇÃO GERAL DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS E AÇÕES DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....	204
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS.....	210
REFERÊNCIAS.....	216
APÊNDICES.....	223
ANEXOS.....	229

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Num livro de ciências editado no Brasil em 1940, “Ciências Físicas e Naturais”, de autoria do Dr. Mario Faccini, uma ilustração mostra um homem pré-histórico à entrada da sua caverna, de pé, no alto de um morro, de onde ele contempla o horizonte. Vê-se um rio sinuoso, árvores esparsas e outros montes mais distantes, quase tangenciando o céu na aurora. Quem vê a figura poderá indagar o que estará pensando aquele ser humano, será que imagina o que há além da bruma da atmosfera que ainda permitiria ver estrelas pálidas da noite anterior? É apenas a ilustração de um livro antigo, mas cumpriu o seu papel de despertar em pelo menos uma pessoa a vontade de saber mais.

Indagar-se é uma das primeiras manifestações da inteligência e, emergindo da escuridão da ignorância, a elaboração de perguntas nos impele a buscar respostas que satisfaçam a curiosidade imediata. Respostas que se tornem paulatinamente mais claras à medida que o conhecimento seja buscado com precisão cada vez maior. Muitas vezes, como na Física, dependemos de realizar medições e experimentos, confrontar os resultados e elaborar hipóteses, teorias.

A Astronomia é uma ciência cujo objeto de estudo encontra-se – na maioria dos casos - distante do pesquisador e quase sempre aquilo que é analisado, estando no espaço cósmico, depende de evidências de medições indiretas, cujos fenômenos nem sempre podem ser manipulados diretamente pelo cientista. Um meteorito, por exemplo, pode ter seus aspectos constituintes escrutinados num laboratório e pode-se determinar, à luz do conhecimento atual, que, eventualmente, um deles é um pedaço de rocha vindo de Marte. Por outro lado, para conhecer aspectos da atmosfera de Plutão, pôde-se recorrer às interações com sinais de rádio da sonda espacial *New Horizons*¹ quando da sua passagem pelo planeta, ou às ocultações estelares.

Quando um sinal de micro-ondas é gerado pelo transmissor da Sonda *New Horizons*, concentrado por sua antena num feixe diretivo para a Terra, de modo que o sinal de rádio atravesse a atmosfera de Plutão, as débeis ondas eletromagnéticas que

¹ A sonda espacial *New Horizons*, da NASA, lançada em 19 de janeiro de 2006, sobrevoou Plutão com máxima aproximação em 14 de julho de 2015, mais informações no sítio: <<http://pluto.jhuapl.edu/>>.

chegam à *Deep Space Network - DNS*², da NASA (National Aeronautics and Space Administration), trazem consigo registros do que a interação com a atmosfera ocasionou. São informações que nos aproximam daquela realidade, ampliando nosso repertório, como se puséssemos uma poderosa lente que nos revelasse o infinitesimalmente pequeno, mas, neste caso, nos aproximando do muito distante.

A humanidade encontra-se em um momento histórico privilegiado em que reúne capacidade tecnológica para empreender a jornada que possibilite a sua permanência no Espaço. Parecem convergir decisivamente em nosso futuro próximo, empreendimentos de agências espaciais e visionários de empresas privadas para reduzir os custos do voo espacial. Apesar de, em muitos países, questões básicas como saúde e educação serem extremamente precárias, de conflitos e guerras prejudicarem a vida de milhões de pessoas em todos os continentes, motivando uma intranquilidade difusa; apesar de diversas questões que ainda turvam uma concepção possível de “futuro” para o Século XXI, criada no século anterior, de ser uma época com menor animosidade entre os seres humanos, precisamos aproveitar esta janela de oportunidades para o salto que nos possibilitará ser uma espécie que, de fato, conquistou o Espaço.

Mesmo sendo a lista de problemas em nossa sociedade inclemente e perturbadora, ao mesmo tempo a humanidade continua produzindo prodígios tecnológicos e, este mesmo desenvolvimento, prenuncia mudanças ainda não totalmente compreendidas em diversos ramos: desde os aspectos do cotidiano impactados e/ou revolucionados pela *Internet*, os avanços da nanotecnologia e da inteligência artificial, o aumento da longevidade e o desenvolvimento de uma indústria que alie todos estes avanços, e outros elementos disruptivos que surgirem³, à conquista do Espaço.

Além da *Internet*, o horizonte aponta para: ameaças e oportunidades da inteligência artificial; a possibilidade de redução dos custos da energia elétrica gerada em processos de fusão do átomo; maior longevidade e implantes eletrônicos no corpo humano (ciborgues?). A outra ocorrência do nosso tempo, que é uma das suas peculiaridades decisivas, é a que envolve o Espaço Sideral. Não somente a Astronomia tradicional, que é o berço desta cultura, mas os seus desdobramentos práticos: a indústria de satélites; as pesquisas de ponta realizadas em ambiente de microgravidade

² As estações da DSN dão suporte às missões espaciais que exploram os mais longínquos pontos do Sistema Solar e além. São três complexos instalados estrategicamente para cobrir 360° da Terra: Canberra, Austrália; Madrid, Espanha e Goldstone, Califórnia. Mais informações no endereço: - <https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/services/networks/txt_dsn.html>.

³ Lista de tecnologias mais disruptivas: <<https://www.disruptordaily.com/>>.

na Estação Espacial (química, medicina, botânica, engenharia); as possibilidades e repercussões da descoberta de vida de origem extraterrestre (em Marte, Titã, Europa, ou em exoplanetas); a possibilidade de mineração em asteroides, ou na Lua; A possibilidade de colonização de Marte; as perspectivas de o voo espacial se tornar mais barato e corriqueiro. A lista de possibilidades é extensa.

Estas visões de um mundo que ainda seja o centro da nossa civilização, a Terra, mudando cada vez mais rapidamente e enviando seu rebento, que parece buscar o ápice da evolução, ao Espaço, ainda parece caber mais a um enredo de ficção científica. Entretanto, a mobilização concreta de realizadores, como uma nova classe de empresários que trabalham para viabilizar uma nova economia, é real. Com recursos a serem conquistados no Espaço, mas também pensando no futuro da humanidade em escala no Sistema Solar, não mais apenas dependente dos recursos escassos da Terra, pois poderemos nos tornar habitantes de outros mundos.

Um exemplo: o empresário americano Elon Musk, idealizador da empresa *SpaceX*, que conseguiu lançar cargas à órbita da Terra, recuperar o primeiro estágio do foguete de lançamento, lança-lo novamente à fronteira do Espaço, e resgatá-lo mais de uma vez, com o foguete do tipo *Falcon 9*. Ele manifestou preocupação com o futuro da humanidade, em entrevista à revista GQ, “*How Elon Musk Plans on Reinventing the World (and Mars)*”⁴. A matéria foi repercutida em outros portais de notícias destacando-se aqui a sua visão sobre a janela de oportunidade que nossa época representa para a civilização humana. Ele ressaltou que hoje temos todas as tecnologias possíveis para empreender uma viagem a Marte, estabelecendo lá uma colônia que seria outro lar para o ser humano, aumentando as chances de que nossa espécie sobreviva caso algo ocorra à Terra. Afirmações deste tipo, de Musk, também encontraram pontos de vista críticos, como matéria da AEON⁵, onde há a questão “Como conseguimos que os líderes tecnológicos se concentrem em problemas reais?”.

Por que preocupar-se em colonizar Marte (e com o Espaço Sideral) quando no Brasil há desigualdades gritantes, com estudantes que não conseguem interpretar um texto lido ou realizar as quatro operações matemáticas básicas? Existem muitas repostas e uma delas é a de que não podemos condenar as novas gerações à ignorância. A educação básica é um direito social, conforme Artigo 6º da Constituição da República

⁴ A GQ é uma revista dos Estados Unidos, que trata de comportamento, cultura e estilo, e entrevistou Elon Musk em 2015: <<http://www.gq.com/story/elon-musk-mars-spacex-tesla-interview>>.

⁵ Aeon apresentou matéria com um ponto de vista crítico: <<https://aeon.co/essays/is-a-mission-to-mars-morally-defensible-given-todays-real-needs>>

Federativa do Brasil de 1988⁶, e o desenvolvimento tecnológico deve ser encarado como uma marca do nosso tempo, ao qual devemos estabelecer respostas, compreender suas oportunidades e eventuais perigos, ou ao menos empreender pesquisas em busca dessas respostas para oferecer aos estudantes a educação compatível com nosso momento histórico.

A Educação também é atingida por este contexto de acontecimentos por vezes paradoxais e é um dos pilares do repositório da cultura humana, permitindo o desenvolvimento e a sustentação deste caldeirão de avanços tecnológicos. Por isso mesmo – além de outros motivos, pesa sobre os profissionais da educação, especialmente os professores, a responsabilidade de lidar com a divulgação da cultura do saber, aliando o conhecimento da tradição com o do novo. O professor precisa de se comunicar com estudantes que já se habituaram à aceleração na divulgação de informações, com a *Internet* permeando cada vez mais tudo o que há. Numa sociedade em que os estudantes são os nativos digitais⁷, com os quais o professor, nem sempre familiarizado com as tecnologias de informação e comunicação (TIC), terá de lidar, é preciso encontrar caminhos para ser relevante na Educação formal.

É na perspectiva de que, apesar de haver muitas lacunas de desenvolvimento humano em nossa sociedade, devemos buscar a educação de excelência com os recursos de que dispomos. Temos, nós, os professores, a responsabilidade de levar o conhecimento não somente dos fatos tecnológicos, também dos componentes atitudinais e históricos inerentes à preocupação com o nosso planeta, mas com uma nova perspectiva que se avizinha no horizonte, em que o acesso ao Espaço e às novas profissões relacionadas seja corriqueiro. Além de saber sobre o Cosmos porque saberemos melhor de nossas origens, cada vez mais nos aproximaremos deste Universo tão vasto, transformando-o num lugar tangível. Para tanto, o entendimento dos fenômenos da Física contemporânea são cruciais.

Quando consideramos a realidade do ensino de Física no Brasil e o desempenho geral dos estudantes em ciências, torna-se evidente a urgência de se elaborarem estratégias que motivem e mobilizem o desejo de aprender. Existem diversas maneiras

⁶ A Constituição da República Federativa do Brasil: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>.

⁷ Nativos digitais: Uma pessoa nascida na era digital (depois de 1980), que tem acesso às tecnologias digitais de rede e a grandes habilidades e conhecimentos de computação. Os Nativos Digitais compartilham uma cultura global comum que não é rigidamente definida pela idade, mas por alguns atributos e experiências relacionadas a como eles interagem com as tecnologias da informação, com a própria informação, um com o outro e com outras pessoas e instituições (PALFREY, J.; GASSER, U. 2011, p. 324)

de convocar os estudantes a participarem de atividades: feiras de ciências, projetos, simulações em computadores, trabalhos em equipe, atividades em campo e em laboratórios, possibilidades de provocação e indagação sobre fenômenos e, em alguma medida, o apelo ao desafio e ao lúdico. Os Produtos Educacionais que serão apresentados possuem um pouco de cada uma destas características.

Na educação básica, existe o conceito de letramento, que é a capacidade de o estudante ler e interpretar o texto em sua complexidade maior, para além da decodificação isolada das palavras: “o indivíduo que vive em estado de letramento, é não só aquele que sabe ler e escrever, mas aquele que usa socialmente a leitura e a escrita, pratica a leitura e a escrita, responde adequadamente às demandas sociais de leitura e de escrita” (SOARES, 2010, p. 40). A partir do letramento, é possível o salto cognitivo que o aprofundamento da leitura propicia. Por outro lado, o letramento científico é derivado da capacidade de o discente ler o mundo ao seu redor, atento às suas complexidades, nesse sentido, mais especificamente, podemos resgatar a informação do documento “Análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros”, de como o Pisa⁸ 2015 define o letramento em ciências:

O letramento científico requer não apenas o conhecimento de conceitos e teorias da ciência, mas também o dos procedimentos e práticas comuns associados à investigação científica e de como eles possibilitam o avanço da ciência. Assim, indivíduos cientificamente letrados têm o conhecimento das principais concepções e ideias que formam a base do pensamento científico e tecnológico, de como tal conhecimento é obtido e justificado por evidências ou explicações teóricas. Portanto, define-se o letramento científico em termos da capacidade de uso do conhecimento e da informação de maneira interativa. (BRASIL, 2016, p. 36).

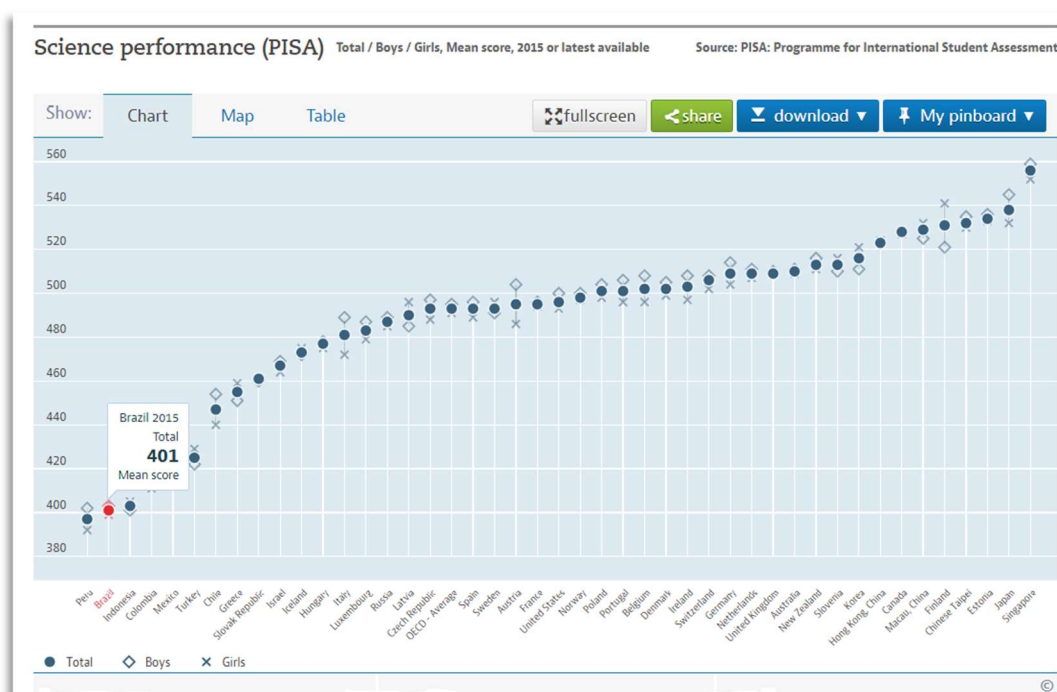
A interatividade é um elemento chave na cultura da geração dos nativos digitais, cuja complexidade de conceitos, estudada por Alex Primo (2007), nos remete a nuances “tecnicistas” (PRIMO, 2007, p. 227 - 228) que não devem ser desconsideradas, mas há também possibilidades de exercício do pensamento crítico, alimentado pelas discussões acerca dos fenômenos científicos e de como a evolução do conhecimento depende das redes de saberes e dos contextos das descobertas históricas. Interações a serem exercitadas no envolvimento com as atividades e com as práticas sugeridas para cada

⁸ O PISA é uma avaliação comparada, amostral, aplicada a estudantes a partir do 8º ano do Ensino Fundamental. MEC: “o estudo proposto pelo PISA permite ao Brasil aferir conhecimentos e habilidades dos estudantes de 15 anos em leitura, matemática e ciências, contrastando com resultados do desempenho de alunos dos países membros da OCDE”. Portal: <<http://www.oecd.org/pisa/>>.

produto. Interações que possibilitarão sedimentar os conceitos do que se pesquisou e do que foi vivenciado nos experimentos.

As contribuições para melhorar o ambiente de ensino-aprendizagem demandam o esforço dos professores para abraçarem ideias de transformação da sala de aula num local mais dinâmico, propício às discussões com os estudantes dos conhecimentos do seu cotidiano, ampliadas pela assimilação das informações oriundas da Física Moderna, que têm impacto neste mesmo cotidiano vivido pelos discentes. Muitas vezes estes sujeitos estão alheios à subordinação de suas vidas às mudanças sem precedentes causadas pelo desenvolvimento tecnológico.

Figura 1 – O desempenho dos estudantes do Brasil no PISA em Ciências, no ano de 2015, de 401 pontos, está sinalizado pelo marcador vermelho, em comparação com outros países



Fonte: Adaptado de <https://data.oecd.org/pisa/science-performance-pisa.htm>

Para mudar este quadro de alienação científica, os estudantes devem começar a entender como a ciência funciona, e que seu estudo não é uma mera etapa a ser cumprida no ambiente escolar, por indivíduos em busca somente de notas suficientes para aprovação nas avaliações. Não se trata de desconsiderar as avaliações, até porque elas nos mostram, no mínimo numericamente, o retrato do desempenho das nossas políticas educacionais. Por exemplo, no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), de acordo com informações publicadas na Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o desempenho dos estudantes

brasileiros para Ciências, em média (meninos e meninas), foi de 401 pontos, Figura 1. Ainda de acordo com informações do Ministério da Educação (MEC) “o desempenho médio dos jovens brasileiros da rede estadual foi de 394 pontos”⁹.

O que os indicadores sinalizam os professores vivenciam: a constatação de que fatores como a infraestrutura inadequada (precariedade no acesso à Internet, poucas bibliotecas), problemas com a segurança física e patrimonial, formação inadequada dos professores, evasão escolar, dificuldades com a transposição dos conteúdos da Física nos livros didáticos adotados, quer pela superficialidade quer pela conceituação errônea, em alguns casos. São fatores que agem em conjunto e prejudicam o desempenho dos nossos estudantes. Como vimos no exemplo do PISA em Ciências, há precariedade também para Matemática (377 pontos) e Leitura (407 pontos), com dados de 2015.

Constatada a situação, temos de buscar meios de revertê-la, seja pelo viés da conscientização dos estudantes para o entendimento da realidade em que vivem, nas escolas públicas, seja pela mobilização dos professores em busca de aperfeiçoamento, capacitação ou cobrando políticas públicas adequadas. Deparamo-nos, então, com a questão: como promover melhorias no ensino de Ciências de maneira significativa, no contexto das escolas públicas do Nível Médio? É um problema complexo e com origens históricas profundas e, se há o risco de nos perdermos em conjecturas que escapam à nossa capacidade de ação, podemos considerar os aspectos mais próximos à autonomia do professor para contribuir em parte com a busca de soluções: como podemos melhorar o ensino de Ciências, incluindo a Astronomia, no Nível Médio?

Em busca de respostas, foi necessário delimitar o tema da pesquisa de modo a encontrarmos soluções na esfera imediata de atuação do professor. Em que pese à necessidade de mobilização política em busca de melhores políticas públicas para a educação, algumas ações podem ser implementadas de imediato, na prática diária do ensino. Insere-se nesta filosofia de trabalho o desenvolvimento de *kits* que são células de um laboratório na sala de aula que pode ser construído pelo professor, pelos alunos, ou por ambos (o professor orientando as ações).

Mesmo se pensarmos no ensino do eletromagnetismo e as ondas eletromagnéticas, que são temas centrais nos Produtos Educacionais que serão propostos, outros conteúdos associados podem ter aplicação em múltiplas vertentes: aspectos lúdicos, históricos, temas transversais, o que o professor julgar pertinente, em

⁹ “Apesar de gostar de Ciências, estudante vai mal no PISA”: <<http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/33571>>.

torno dos assuntos da prática de atividades de laboratório e seus aspectos mais técnicos quando focados nos conteúdos. Ao mesmo tempo, a Astronomia e sua vertente, a Radioastronomia, são tratados em todos os produtos desenvolvidos porque, além de permitirem contextualizar os temas estabelecidos no currículo do Ensino Médio (ou mesmo na graduação), possibilitam nos valermos do forte apelo interdisciplinar da Astronomia, na busca de respostas sobre o Universo.

A Radioastronomia é uma consequência do desenvolvimento tecnológico que proporcionou novas descobertas cruciais, pelo acúmulo de conhecimentos, até o estágio que atingimos no entendimento dos fenômenos desde a astrofísica à cosmologia. Deve-se reconhecer, por outro lado, que os investimentos aplicados à pesquisa básica na radioastronomia também repercutiram na vida cotidiana das pessoas, a exemplo do uso de telefonia celular ou de exames médicos não invasivos, com técnicas de obtenção de imagem sofisticadas.

O Brasil já esteve na vanguarda das pesquisas em Radioastronomia por um breve período, entre os anos 1970 e 1990, com o Radio-Observatório do Itapetinga (ROI, em Atibaia/SP). Entretanto, como relata o Núcleo de Apoio e Pesquisa em Radioastronomia, (NARA), em seu sítio na Internet¹⁰, “apesar da competência demonstrada, a radioastronomia brasileira teve, nas duas últimas décadas, um desenvolvimento que ficou aquém do seu potencial”. Não é uma tarefa trivial, mas, para reverter a posição do Brasil no desenvolvimento científico, é imperioso que ações de divulgação científica promovam a interlocução dos estudantes da educação básica com a Física moderna, onde se situam muitos dos conhecimentos da Radioastronomia, por isso acreditamos que divulgar a radioastronomia na educação básica pode estimular o surgimento de novos pesquisadores.

Ressaltamos a importância das atividades de divulgação científica porque, mesmo cientes de que muitas descobertas relevantes na Ciência ocorreram aparentemente ao acaso, depender de acontecimentos fortuitos não é uma opção confiável se quisermos, além de melhorar os indicadores educacionais do nosso país, melhorar, de fato, a qualidade da educação nas nossas escolas. É preciso haver intenção, a vontade associada à capacidade de realização para motivarmos os professores e os estudantes pela Ciência. As ações envolvem os eventos de divulgação científica

¹⁰ O NARA tem a missão de “Incentivar a produção científica em Astronomia e Cosmologia realizada por meio de observações em radio, absorver e desenvolver tecnologias relacionadas, incluindo interferometria de longa distância”, no endereço: <<http://www.astro.iag.usp.br/~nara/apresentac.pdf>>.

promovidos nas escolas, as feiras de ciências, as visitas a museus, participação de concursos como as Olimpíadas de Astronomia, e as atividades práticas na sala de aula, onde incluímos os Produtos Educacionais.

É para a esfera de atuação local dos professores e para os estudantes que os Produtos Educacionais aqui propostos são dedicados, para que contribuam, para serem adaptados e para enriquecer o repertório disponível ao entendimento da Ciência. Na esfera pública, as políticas educacionais devem ser monitoradas e criticadas construtivamente para que ofereçam ambientes de trabalho e estudo estimulantes e dignos.

Neste ano de 2017, mudanças iminentes no Ensino Médio foram encaminhadas pelo Governo Federal brasileiro para consulta pública e aprovação pela sociedade civil e ainda não foram plenamente consolidadas. Com a perspectiva de diversificação que a proposta pressupõe, os estudantes deverão gerenciar com mais autonomia o próprio processo formativo, com a flexibilidade ao montar a grade curricular. O apelo à racionalidade nas escolhas dos conteúdos de cada currículo, entretanto, requer atenção à subjetividade e à alteridade, reconhecendo as particularidades de cada estudante e sua responsabilidade no processo.

No que concerne ao ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, enquanto as mudanças na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) não estão completamente definidas, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)¹¹ serão utilizados como referenciais para o planejamento dos conteúdos associados aos Produtos Educacionais propostos nesta dissertação. No PCN+¹², o desenvolvimento de competências em Física está associado à representação e comunicação, para que os códigos, enunciados, descrições de fenômenos e seu entendimento ocorram, e a investigação e compreensão dos fenômenos, que lidam com as medições, novas tecnologias, cálculos, modelos não sejam negligenciados.

Tanto quanto aos conteúdos da Física, devemos atentar aos aspectos da ética, da cidadania e da inserção do estudante no mundo que cresce em complexidade. Esses tópicos exigem ações imediatas, que não podem depender de conseguirmos a infraestrutura escolar adequada. Para suprir eventuais carências de laboratórios, podemos adotar a estratégia de construção de experimentos pela própria comunidade escolar. Além disso, independente de suprir carência de infraestrutura, os aspectos

¹¹ Bases legais dos PCN: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>.

¹² PCN+: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>.

relacionados aos ganhos pedagógicos quando as atividades práticas são associadas aos conhecimentos teóricos também são considerados relevantes.

Um dos meios de melhorar o ensino de Ciências no Nível Médio é o fomento da prática de atividades experimentais e a divulgação científica dessas atividades. Favorecer o espírito crítico dos estudantes despertando o seu interesse pelo entendimento dos fenômenos naturais. O interesse pela Astronomia muitas vezes é reforçado por acontecimentos divulgados na mídia e, no entanto, é genuíno, independente de notícias populares. O interesse é um motivador da aprendizagem significativa, tanto para conteúdos que às vezes são muito áridos ou abstratos como os da Física, mas também para diversos outros aspectos pertinentes a atitudes e conhecimentos interdisciplinares. A Astronomia também evolui com o desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), cujo acesso está mais difundido na *Internet*, em aplicativos e plataformas de *smartphones*, que permitem acesso às informações e simuladores.

A Radioastronomia com as antenas e receptores de extrema sensibilidade e seletividade, captando informações de rádio de objetos e fenômenos celestes, nos capacita com sentidos eletrônicos, com o uso das tecnologias de ponta. Com diversas configurações de antenas possíveis, na Terra ou no Espaço, conforme cada situação, podemos registrar as frequências mais baixas como as emitidas pelos cinturões de energia em torno da Terra, pelos planetas gigantes e pelo Sol, transformar os sinais em sons, números e em gráficos, em busca de entender como as partículas carregadas interagem em ambientes de intensa radiação. Ou podemos captar as frequências com arranjos de antenas e criar imagens de rádio que traduzem, em elementos visuais codificados, os fenômenos que de outro modo ignoraríamos, se dependêssemos apenas das informações captadas com a luz visível.

De certo modo, a Radioastronomia possui a característica de descortinar e revelar o invisível. Podemos crer no que nossos olhos veem, sob o escrutínio da ciência, mas também podemos não apenas crer, mas investigar cientificamente o que as antenas captam, e divulgar este conhecimento também no ambiente escolar. Olhar para o céu parece ser uma ação cada vez mais distante do cotidiano de quem vive nos centros urbanos. A iluminação pública e a concorrência representada pelos dispositivos eletrônicos, na disputa da atenção do virtual com o mundo real, parecem ofuscar, em termos metafóricos e denotativos, o acesso ao sentimento de perplexidade que o céu

imprime em nossas mentes quando o vemos numa noite estrelada, em condições adequadas de observação.

Neste trabalho, propomos aos professores e estudantes os Produtos Educacionais que constam do Apêndice desta dissertação, voltados para o ensino-aprendizagem dos conteúdos da Física do Ensino Médio. São resultado da confluência de atividades em campo com os radiotelescópios experimentais, dos trabalhos de divulgação científica em ambientes formais e não formais e da pesquisa bibliográfica realizada, tanto sobre a radioastronomia e o eletromagnetismo quanto sobre os aspectos da Aprendizagem Significativa. A preocupação com trazer elementos da radioastronomia para o Ensino Médio resultou na pesquisa que permitiu a experimentação em campo e atenção com o ensino resultou na busca da metodologia que aliasse o suporte teórico para as atividades práticas e para as propostas dos roteiros de construção e das atividades na sala de aula.

Ao propormos a adoção da Teoria da Aprendizagem Significativa, de Ausubel, trabalharmos com os conceitos, incentivando nos estudantes resgatá-los do seu repertório de saberes, ampliando-os e assimilando novos conhecimentos. Estaremos exercitando a busca do entendimento dos fenômenos e teorias, ilustrados com os Produtos Educacionais propostos na Metodologia desta dissertação, os artefatos devem ser construídos preferencialmente pelos estudantes, com a supervisão do professor, na perspectiva de que eles estabeleçam correlações entre os saberes que são do senso comum, e os reinterpretem ou possam repensar o que entendiam de determinados fenômenos à luz do conhecimento científico.

Sugerimos aos professores como um dos métodos de estudo e avaliação o uso dos Mapas Conceituais, nos moldes da aplicação desenvolvida por Novak, e os Diagramas Heurísticos em Vê de Gowin, como veremos. Assim, os estudantes poderão estudar e entender a física da emissão e recepção dos sinais de rádio ou de outros fenômenos, não somente os presentes nos dispositivos construídos, mas entendendo sua importância para a Astronomia nos experimentos físicos e nos simuladores de radiofontes astrofísicas. Ao todo são seis propostas de produtos didáticos, todos guardam relação entre si, pois o eletromagnetismo é um tema comum, entretanto cada um deles pode ser utilizado restringindo-se a algum aspecto, histórico, físico, astrofísico, uso de tecnologias TIC etc. O professor pode utilizá-los ampliando-se o escopo temático. De modo que, um mesmo produto pode se prestar a abordar os diversos conteúdos associados, nem que seja como elemento introdutório, não sendo necessário construir todos eles ao mesmo tempo.

1.1 OBJETIVOS

Os Produtos Educacionais propostos, se considerados em conjunto, contam um pouco da história da Física, do século XIX à Física Moderna, com ênfase na Radioastronomia, mas se tomados isoladamente, cada um deles representa uma contribuição para ilustrar o trabalho científico, e como os aparatos construídos pelos pesquisadores ajudaram-nos a interpretar a realidade à luz de teorias e modelos que a explicam.

Foi com a perspectiva de promover atividades significativas para o estudo de Ciências que se constituiu o objetivo geral deste trabalho: contribuir para o ensino-aprendizagem da Astronomia com o uso de tecnologias de informação e comunicação, fomentando a construção de artefatos experimentais, colaborativamente, em um contexto interdisciplinar, com a Radioastronomia experimental.

Os objetivos específicos compreendem os seguintes aspectos:

- Desenvolver Produtos Educacionais para o ensino da Astronomia e Radioastronomia;
- Iniciar os estudantes em atividades envolvendo conceitos e princípios de emissão de sinais de rádio;
- Promover em escolas públicas a utilização dos Produtos Educacionais para a aprendizagem significativa de conceitos da Física, com a Radioastronomia;
- Explorar aspectos físicos da emissão de sinais de rádio por objetos celestes;
- Pesquisar e instalar os *softwares* apropriados para a utilização dos Produtos Educacionais;
- Promover a divulgação da história da Radioastronomia replicando-se conceitos de experimentos históricos, com materiais atuais;
- Criar oficina com o conjunto dos Produtos Educacionais desenvolvidos para professores do Ensino Médio;
- Construir dispositivos eletrônicos, kits disponíveis na Internet, constituintes dos radiotelescópios experimentais, associando-os aos conteúdos da Física;
- Criar sítio na Internet para publicação dos conteúdos do Projeto.

Desse modo, compõe cada produto proposto uma sugestão de construção que poderá ser adaptada para cada realidade escolar, incrementada ou simplificada pelos próprios estudantes – conforme cada caso - de modo que, a construção colaborativa reforce o exercício das habilidades de cada um e não se deixe de lado a aprendizagem de conteúdos da Física que poderiam ser encarados como informações registradas mecanicamente, para logo serem descartadas pelos estudantes, se desprovidas de sentido.

Subjacentemente ao objetivo geral deste trabalho, encontra-se a questão de como efetivamente tornar a Ciência mais interessante aos estudantes na sala de aula, ao mesmo tempo em que lhes permite vivenciar o método científico e entender o processo de tentativas e erros que movem os cientistas em busca do entendimento da realidade que nos cerca, mesmo nas suas manifestações mais distantes, como as relacionadas aos fenômenos cósmicos.

Ressalta-se que a Astronomia não é encarada neste trabalho como mero elemento motivador, pois há o empenho consciente de difundir os conhecimentos desta ciência, despertando o interesse na comunidade escolar pelos seus aspectos científicos e possibilitando a capacidade de os estudantes exercerem a autonomia na busca pelo conhecimento. Desde que comecem a entender os diversos aspectos na feitura da pesquisa científica, como, por exemplo, protocolos de divulgação de novos conhecimentos entre os pares da academia, para seu escrutínio e debate, até que estes conhecimentos sejam divulgados e aceitos pela comunidade científica.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está estruturado de modo a apresentar no Primeiro Capítulo um panorama dos elementos motivadores para a realização da pesquisa os quais fizeram da Astronomia e da Radioastronomia, no contexto histórico atual, ramos do conhecimento que são relevantes na Física Moderna e no cotidiano das pessoas. Às vezes sem que elas percebam, o que é hoje uma descoberta restrita a um pequeno grupo de cientistas pode, em pouco tempo, repercutir na vida de milhões de cidadãos. Temos, então, uma situação de carências no ensino de ciências, revelada pelo desempenho dos estudantes em comparação a outros países justificando esforços na busca de metodologias que se proponham a contribuir para a melhoria da Educação em nossa sociedade. Assim, estão

articulados o contexto, a problemática, a justificativa e a proposta de trabalho, que são reforçadas nos objetivos.

No Segundo Capítulo, a revisão de literatura dedicada às Ondas Eletromagnéticas e aos conceitos da Física, sem a pretensão de esgotar os assuntos, que se articulam à Radioastronomia, apresentada logo a seguir. São tratadas neste momento inicial do trabalho, destacando alguns personagens históricos como Maxwell e Hertz, conceitos e fontes típicas de emissão de rádio que serão abordados direta ou indiretamente nos Produtos Educacionais. No Terceiro Capítulo, conceituamos a Radioastronomia, situando-a num panorama histórico para o contexto das grandes descobertas que propiciou. Abordamos também as facetas da Radioastronomia no exterior e no Brasil, pelo viés profissional e amador.

As seções prévias que trataram da Radioastronomia se subdividem em diversos aspectos e, no Quarto Capítulo, trazemos outro, relacionando-a à Educação, articulando aspectos como a importância da integração entre Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática, confluindo para como é tratada nos livros didáticos e os recursos para o professor, de modo a que se pense no seu contexto na educação e nas políticas públicas. São mais elementos que fazem a transição para a segunda revisão de literatura de que trata o Quinto Capítulo. Este aborda temas diretamente associados à aprendizagem e ao ensino dos conteúdos e componentes curriculares: Aprendizagem Significativa; Atividades Experimentais; com especial atenção aos Mapas Conceituais e aos Diagramas em Vê; a elaboração dos Roteiros Práticos e os cuidados com a interdisciplinaridade e transversalidade. Este conjunto define elementos que serão integrados nas propostas das atividades na sala de aula e em como é sugerida a avaliação dos trabalhos práticos pelo professor no uso dos Produtos Educacionais.

As informações em conjunto e as pesquisas bibliográficas, assim apresentadas, formam o substrato para o Sexto Capítulo. Nele apresentamos a Metodologia proposta que trata da criação, do desenvolvimento e da aplicação efetiva dos Produtos Educacionais propostos, especialmente em oficinas de divulgação científica, e a promoção da sua aplicação no ambiente escolar, com os Roteiros de Construção e de sugestão de aula Prática, que serão detalhados no Apêndice, documentação que estará à disposição na Internet, no sítio criado com este objetivo.

O Sétimo Capítulo traz o relato das atividades realizadas em campo e as participações em eventos de divulgação científica com a utilização dos Produtos Educacionais. A partir das vivências em campo, temos as considerações analíticas a

respeito das oficinas e eventos de divulgação científica, que permitiram uma avaliação geral das propostas dos Produtos Educacionais. Desse modo, no Oitavo Capítulo, resgatando todas as impressões, informações e vivências em campo, tecemos as considerações finais e apontamos as perspectivas, para a continuidade e aprofundamento da pesquisa realizada.

CAPÍTULO 2

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Em grande parte do espaço que nos cerca há ondas eletromagnéticas. Esta radiação emana de objetos tão distintos quanto uma superfície aquecida, uma lâmpada acesa, uma antena de rádio em funcionamento, planetas, estrelas. Com o uso crescente de sistemas de comunicação sem fio, o entendimento de como se comportam os sinais eletromagnéticos é uma demanda atual. Seu estudo, da perspectiva histórica, encontra respaldo em diversas descobertas históricas que permitiram as investidas teóricas de Maxwell e as experimentações de Hertz, no final do século XIX, muito antes de pensarem em aplicações práticas para suas descobertas.

As aplicações logo vieram com a telegrafia sem fio e a expansão das telecomunicações em Ondas Curtas e micro-ondas. Dos estudos resultantes da melhora nos transmissores e receptores, surgiram aplicações inesperadas como a Radioastronomia. Seus recursos observacionais contribuíram para novas descobertas e a compreensão dos fenômenos físicos. Nesta pesquisa bibliográfica, contamos um pouco desta história, associando Eletromagnetismo e Radioastronomia. Espera-se que estes estudos contribuam para motivar outros professores, fomentando a busca por mais conhecimento e a produção de material bibliográfico.

2.1 ASPECTOS DA FÍSICA DE EMISSÃO DE RADIOFREQUÊNCIAS

Podemos entender as ondas eletromagnéticas como fenômeno decorrente do movimento ondulatório de correntes e tensões em circuitos elétricos e esta oscilação tem a propriedade de se deslocar no espaço, à velocidade da luz. Os campos elétrico e magnético gerados são perpendiculares entre si e produzem a onda eletromagnética na frequência de oscilação destes campos, cujo valor pode ser obtido pela equação fundamental da ondulatória.

Para tratar do eletromagnetismo e como chegamos a concluir sobre a existência das ondas eletromagnéticas e estas como se propagam, o professor poderá contar um pouco da história, voltando ao século XIX. Em 1803, Thomas Young (1773-1829), elaborou teoria sobre a natureza ondulatória da luz. Em 1818, Fresnel (1788-1827)

também conduzia estudos a respeito da natureza ondulatória da luz e “abriu o caminho que levaria às compreensões mais profundas de Maxwell” (GILLISPIE, 2007, p.865). Também foi no início do século XIX que os cientistas começaram a estabelecer relações entre o magnetismo e a eletricidade. Em 1820, Hans Oersted (1777-1851), descobriu que uma agulha de bússola se movia ao ser posta ao lado de um fio percorrido por corrente elétrica. Sua publicação em latim “*Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam*” [os experimentos sobre o efeito elétrico na deflexão da agulha magnetizada], datado de 21 de julho de 1820, abriu uma nova época na história da Física, que pode ser considerado como o marco da descoberta do eletromagnetismo. Seguiram-se a criação da eletrodinâmica por Ampère e a publicação de *Experimental Researches in Electricity* [Pesquisas experimentais em eletricidade] de Faraday (GILLISPIE, 2007, p. 2055).

Além dos fatos da história da Ciência, o professor poderá abordar os diversos conceitos que compõem o entendimento da expressão “onda eletromagnética”. O resgate de conceitos e o aprofundamento do seu entendimento pelos estudantes, em relação à Física dos fenômenos estudados, poderão transpor a analogia mais simples e incluir novos saberes, tais quais: a noção de campo, para designar uma região do espaço sob influência de alguma força. No caso específico do estudo das ondas eletromagnéticas, sabe-se que cargas elétricas produzem campos elétricos, mesmo que estejam estacionárias, mas as cargas elétricas em movimento produzirão tanto campos elétricos como magnéticos variáveis em determinada região do espaço. Mudanças regulares nos campos elétricos e magnéticos produzem o que conhecemos como radiação eletromagnética.

A radiação eletromagnética transporta energia de um ponto a outro e se propaga no espaço à velocidade de 299.792 km/s (MILLER, 1998, p. 9). Esta velocidade, que é uma constante, para fins didáticos normalmente é aproximada para 300.000 km/s. Valor conhecido da velocidade da luz, a luz visível, que também é uma forma de energia eletromagnética, como teorizado por Maxwell e demonstrado por Hertz, assim como são as ondas de rádio. Frequência, comprimento de onda, amplitude, polarização, reflexão, refração, fase, são exemplos de outros conceitos associados ao estudo das ondas eletromagnéticas que estão presentes nos livros didáticos de Física e seu ensino pode ser associado aos experimentos de Hertz e às realizações tecnológicas e descobertas com o advento da Radioastronomia. Antes de pensarmos em usos práticos

para as ondas eletromagnéticas, no entanto, é importante contextualizarmos o trabalho de dois cientistas: Maxwell e Hertz.

2.1.1 Maxwell e as equações do eletromagnetismo

James Clerk Maxwell (1831 - 1879), nascido em Edimburgo, na Escócia, de família culta, foi educado como advogado, mas demonstrou aptidão por assuntos práticos e técnicos. Ele ocupa um lugar de destaque na história da Física por seus estudos revolucionários sobre o eletromagnetismo, a teoria cinética dos gases e outras contribuições (visão das cores; anéis de Saturno; ótica geométrica; termodinâmica) (GILLISPIE, 2007, p.1860).

Ao longo de sua vida, Maxwell escreveu quatro livros e cerca de cem artigos. Possuía interesses acadêmicos tanto em história quanto em filosofia das ciências e desde a juventude elaborou estudos sobre geometria e estudos relacionados à engenharia e ótica. As contribuições de Maxwell para a eletricidade, o magnetismo e a teoria eletromagnética da luz podem ser divididas em dois ciclos: (1) cinco importantes artigos sobre os fundamentos da teoria eletromagnética e (2) quando elabora o Tratado Elementar de Eletricidade (GILLISPIE, 2007, p. 1866).

De acordo com verbete do Dicionário de Biografias Científicas, no seu Tratado, Maxwell ainda não queria expor ao mundo sua teoria de forma final, mas desejava “educar-se, apresentando uma visão do estágio que havia alcançado” (2007, p. 1866). Além disso, a morte prematura do cientista ocorreu no momento em que ele se preparava para revisar o próprio tratado. Dessa maneira, entende-se porque seu trabalho não foi imediatamente aceito, nem mesmo por seus pares, na Inglaterra.

Em artigo publicado na revista IEEE Spectrum¹³, *The Long Road to Maxwell's Equations: How four enthusiasts helped bring the theory of electromagnetism to light* de autoria de James C. Rautio, ele aborda a unificação de teorias da Física do Século XIX, feita por James Clerck Maxwell, que permitiu entendermos o eletromagnetismo, por meio de equações, que a eletricidade e o magnetismo estão intimamente relacionados e que a luz também é radiação de natureza eletromagnética, como as ondas

¹³ Como quatro entusiastas ajudaram a trazer a teoria do eletromagnetismo à luz, de 2014, publicada no endereço da IEEE Spectrum: <<http://spectrum.ieee.org/telecom/wireless/the-long-road-to-maxwells-equations>>

de rádio, os raios X, os raios Gama, componentes de diferentes frequências do amplo espectro a que pertencem.

O autor destaca que houve um grande intervalo de tempo entre a publicação das equações de Maxwell em 1864 e sua aplicação que promoveu consideráveis desenvolvimentos na Física, nas telecomunicações e engenharia elétrica. Ele argumenta que “os fundamentos matemáticos e conceituais da teoria de Maxwell eram tão complicados e contraintuitivos que sua teoria foi largamente negligenciada após a sua introdução” (RAUTIO, 2014).

A publicação do clássico trabalho de Maxwell, *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*, que ocorreu em 1865, está disponível na Internet¹⁴, e nele encontraremos uma teoria eletromagnética da luz, com a dedução da “propagação de ondas a partir de equações relacionadas com experimentos elétricos” (GILLISPIE, 2007, p.1872). Outra obra, de 1873, em dois volumes, “*A Treatise on Electricity & Magnetism*”, também à disposição na Internet¹⁵, apresenta as equações originalmente escritas por Maxwell. É um trabalho que fundamenta o conhecimento do eletromagnetismo e traz as ferramentas originais de que necessitamos para os cálculos de campos elétricos e magnéticos.

Um grupo de físicos contribuiu para que as equações de Maxwell tivessem o merecido reconhecimento, o que ocorreu nos 25 anos após a sua publicação. Os denominados "Maxwellianos", são: G. F. FitzGerald, Oliver Heaviside, Oliver Lodge — além da contribuição do alemão Heinrich Hertz. Destaca-se a contribuição de Oliver Heaviside, que interpretou o trabalho de Maxwell e apresentou as equações no formato que conhecemos hoje, a partir do seu conhecimento do cálculo vetorial. Sumarizadas em quatro equações, a seguir:

$$\text{Lei de Gauss (elétrica):} \quad \nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\text{Lei de Gauss (magnética):} \quad \nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

¹⁴ No endereço da The Royal Society, que se define como “uma comunidade de muitos dos cientistas mais eminentes do mundo e é a mais antiga academia científica em existência contínua”:
<<http://rstl.royalsocietypublishing.org/content/155/459.full.pdf+html>>

¹⁵ Disponível em dois volumes, nos endereços:
<<https://archive.org/details/ATreatiseOnElectricityMagnetism-Volume1>> e
<<https://archive.org/details/ATreatiseOnElectricityMagnetism-Volume2>>.

Lei de Faraday: $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$

Lei de Ampère-Maxwell: $\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{J}$

Onde temos (Quadro 1):

Fonte: Adaptado de <http://spectrum.ieee.org/telecom/wireless/the-long-road-to-maxwells-equations>

Termo	Descrição
\mathbf{J}	Densidade de corrente
\mathbf{E}	Campo elétrico
\mathbf{B}	Campo magnético
\mathbf{D}	Campo de deslocamento - relacionado a \mathbf{E} por constantes que refletem a natureza do meio em que os campos passam
\mathbf{H}	Campo magnético - relacionado a \mathbf{B} por constantes que refletem a natureza do meio em que os campos passam
∇	Operadores diferenciais (nabla) - compõem de forma compacta o cálculo que envolve vetores, quantidades que têm uma direcionalidade e, portanto, componentes x, y e z
ρ	Densidade de carga elétrica
t	Tempo

Quadro 1 – Os termos das Equações de Maxwell, por Heaviside

Lei de Gauss Elétrica – estabelece que “o fluxo elétrico total através de qualquer superfície fechada é igual à carga total no interior da superfície, dividida por ϵ_0 ” (constante da permissividade do vácuo) (JEWETT, SERWAY, 2014, p. 26);

Lei de Gauss Magnética – estabelece a não existência de monopolos magnéticos, e “pode ser expressa pelo fato de as linhas de força magnéticas serem sempre fechadas, ou seja, o fluxo do campo magnético através de qualquer superfície fechada é nulo” (CARUSO, OGURI, 2016, p. 149);

Lei de Faraday – Estabelece que uma densidade de corrente, ou campo magnético variável no tempo conduz a uma distribuição de campo elétrico;

Lei de Ampère-Maxwell – estabelece que uma densidade de corrente elétrica ou um deslocamento elétrico variável no tempo, produz uma distribuição de campo magnético¹⁶.

A partir das quatro equações de Maxwell, a relação entre eletricidade e magnetismo, associada à natureza ondulatória da luz e radiação eletromagnética foi estabelecida, mas não foi fácil assimilar a ideia de que os campos elétricos variáveis

¹⁶ Equações de Maxwell na Forma Fasorial – disponíveis em: <http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/optoeletronica/equacoes-de-mawell.pdf>

passando numa área do espaço, mesmo no vácuo, fariam surgir campos magnéticos e vice-versa.

Para determinar as ações dos campos eletromagnéticos, ao se propagarem no vácuo, os físicos recorreram à operação matemática denominada rotacional aplicada às expressões das Leis de Faraday e Lei de Ampère-Maxwell, considerando-se o vácuo, chegando à expressão:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = 299792458 \text{ m/s}$$

Onde: μ_0 é a permeabilidade magnética no vácuo, $4\pi \times 10^{-7}$ H/m; ϵ_0 é a permissividade elétrica, no vácuo, $8,854187817 \times 10^{-12}$ F/m; c é a velocidade da luz, cujo valor normalmente é aproximado para $3,0 \times 10^8$ m/s. A partir dos estudos das equações de Maxwell, os físicos deduziram que os campos eletromagnéticos propagam-se, no vácuo, como ondas transversais, além disso, os campos magnéticos, \mathbf{B} , e elétrico, \mathbf{E} , são ortogonais entre si e em relação à direção de propagação (CARUSO, OGURI, 2016, p. 148-155). Outra relação que é amplamente utilizada nas aplicações práticas das ondas eletromagnéticas, a equação fundamental da ondulatória:

$$\lambda v = c \quad (3,0 \times 10^8 \text{ m/s})$$

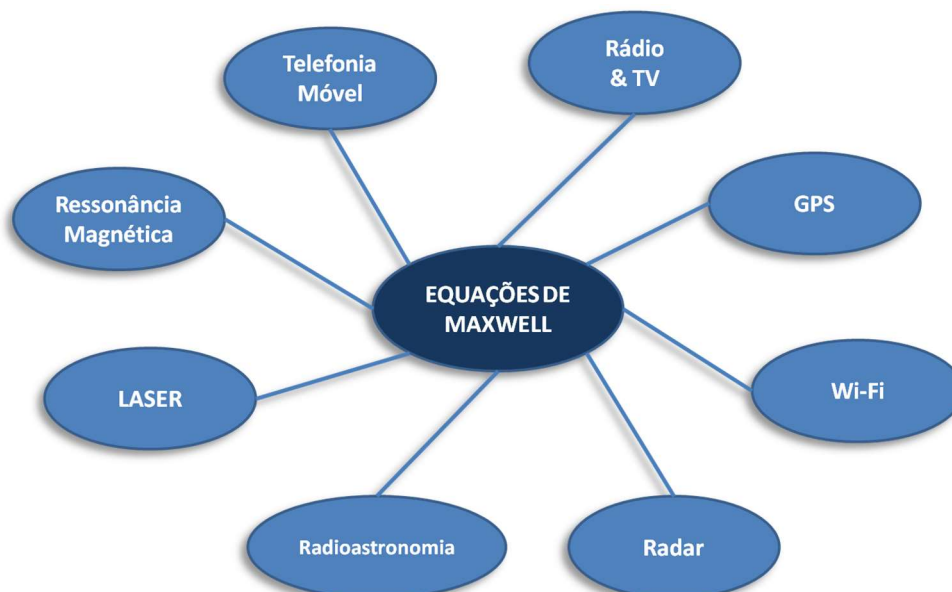
Onde: λ é o comprimento de onda, c é a velocidade da luz no vácuo e v é a frequência. Relação válida para o espectro eletromagnético, que compreende desde as ondas de rádio, a luz visível, raios X e raios gama.

Não faz parte do escopo deste trabalho a análise destas equações matematicamente, mas elas são apresentadas em reconhecimento à sua importância histórica. Atualmente, as equações de Maxwell estão presentes em nosso cotidiano em vários aspectos: telecomunicações, navegação, pesquisa espacial e até na medicina, como podemos perceber na Figura 2.

Para imaginarmos o que é uma onda eletromagnética, além de outras analogias, é importante que complementemos nosso conhecimento com outros conceitos de apoio para lidarmos em nossa estrutura cognitiva com os *subsunçores* (MOREIRA, 2011, p. 17) que ancorarão a aprendizagem que, se espera, seja significativa (subsunçores serão vistos na Teoria de Ausubel, no Capítulo 5). Os conceitos devem ser abordados desde seus aspectos mais gerais aos mais detalhados, numa abordagem à semelhança dada aos

organizadores prévios (MOREIRA, 2011, p. 21), estabelecendo pontes entre saberes já adquiridos e os novos.

Figura 2 – Algumas aplicações das Equações de Maxwell na vida cotidiana



Fonte: adaptado de <http://www.clerkmaxwellfoundation.org/Electromagnetics.pdf>

Outro destaque do grupo dos "Maxwellianos" foi Heinrich Hertz, que projetou e construiu experimentos que produziam ondas eletromagnéticas demonstrando, na prática, a teoria. Depois dos experimentos de Hertz, a utilização das ondas de rádio para comunicações a longas distâncias se tornou corriqueira e hoje utilizamos sinais de rádio para diversos fins, como telefonia sem fio, radiodifusão, *Wi-Fi*, comunicação com satélites, sondas espaciais e pesquisas com a Radioastronomia.

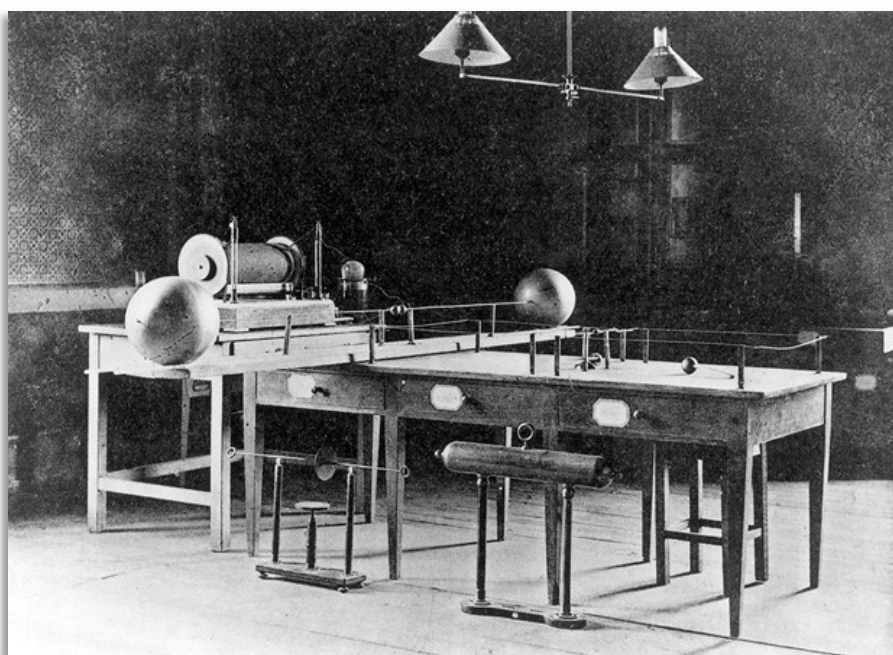
2.1.2 Os experimentos de Hertz

Heinrich Rudolf Hertz (1857 - 1894), nascido em uma próspera família alemã, revelou muito cedo uma inclinação para trabalhos práticos, como a carpintaria. Mais tarde, nos tempos de ginásio, dividia-se entre a inclinação para a ciência e para a engenharia, decidindo-se por fim pela carreira científica. Em 1886, inicia estudos e experimentos práticos sobre as equações de Maxwell e, em 1888, confirma a existência das ondas eletromagnéticas, o que lhe valeu reconhecimento internacional.

Em 1885, quando Hertz chegou à cidade alemã de Karlsruhe, ainda não havia decidido que pesquisa faria. Já havia recusado o estudo dos pressupostos críticos da

teoria de Maxwell em 1879, que lhe fora proposto por Helmholtz, seu mentor, antes de concluir seu doutorado, o que fez em 1880, em Berlim. Nesta cidade, seu trabalho foi muito diversificado, mas a maioria era sobre eletricidade. Seu desejo de ser membro do corpo docente fez com que mudasse para Kiel, em 1883, onde atraiu mais de cinquenta estudantes, elaborou artigos puramente teóricos, e começou a sentir a necessidade de voltar às atividades de laboratório. Assim, foi trabalhar na Faculdade Técnica de Karlsruhe, onde teria acesso a um laboratório de Física bem equipado no qual realizou experimentos e produziu nove artigos sobre pesquisas envolvendo eletricidade. Em 1888, ele confirmou a existência das ondas eletromagnéticas. Em 1889 mudou-se para Bonn. Seu trabalho já era amplamente reconhecido pela comunidade acadêmica (GILLISPIE, 2007, p.1110-1112).

Figura 3 – Um dos experimentos de Hertz, para produção e detecção de ondas eletromagnéticas



Fonte: Heinrich Hertz

Hertz desenvolveu diversos tipos de experimentos, com indutores, dielétricos, refletores, refratores para ondas de rádio. Mencionar os seus experimentos é uma referência direta com o primeiro Produto Educacional que será apresentado nesta dissertação, para ilustrar e reproduzir de modo simplificado, parte do experimento original com o qual Hertz demonstrou as teorias do eletromagnetismo de Maxwell, Figura 3. O aparato consistia de bobina de indução que produzia altas tensões, cujos terminais eram ligados a um circuito não fechado, formando um dipolo ligado a

elementos capacitivos, calculado para o comprimento de onda de cada experimento (HERTZ, 1893, p. 273). Este elemento ressonante produzia as ondas elétricas detectadas à distância, com uma única espira de fio, também não fechada, formando um instrumento denominado micrômetro. Neste detector, saltavam pequenas faíscas elétricas, em consonância com as centelhas elétricas da bobina de indução do transmissor (GILLISPIE, 2007, p.1109-1118).

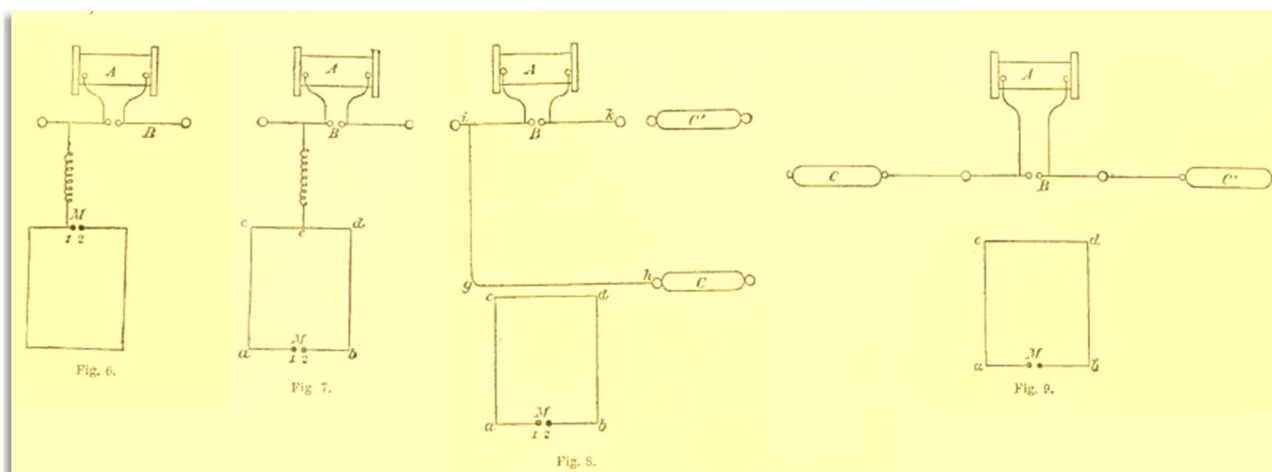
Para demonstrar a existência das ondas eletromagnéticas, Hertz aliou sua habilidade com os aparatos de que dispunha nos laboratórios de Física, ao conhecimento profundo que possuía das equações de Maxwell, pois “era inerente à sua teoria a possibilidade de se produzir ondas eletromagnéticas no ar, mas isso não era óbvio, não tendo sido formulado em nenhum lugar” (GILLISPIE, 2007, p.1114). Hertz já havia percebido em experimentos com bobinas que as descargas elétricas de alta tensão produziam descargas secundárias em outras bobinas (tipo Knochenhauer).

O livro “*Untersuchungen Ueber Die Ausbreitung Der Elektrischen Kraft*”, que foi traduzido para o inglês por D. E. Jones (Londres, 1893) com o título “*Electric Waves - Reseaeches on the Propagation of Electric Action With Finite Velocity Through Space*” (está disponível na Internet¹⁷), reúne quase todos os artigos em que há experimentos de Hertz relacionados à Teoria de Maxwell. No livro, que é considerado um dos mais importantes da ciência, Hertz relata o seu processo de investigação. Temos a oportunidade de ler o relato em primeira pessoa de um cientista e seu processo de pesquisa e descobertas. Das discussões com outros cientistas e da percepção dos fenômenos elétricos com características oscilantes, que chamaram sua atenção ao exercerem influência à distância, com as descargas elétricas e o uso das garrafas de Leyden (HERTZ, 1893, p. 1 - 28).

Hertz elaborou experimentos em que concentrava as ondas eletromagnéticas e construiu dispositivos que produziam sinas de rádio de alta frequência, tinha a preocupação de utilizar osciladores elétricos que fossem regulares, dentro das possibilidades tecnológicas, percebeu a influência da luz ultravioleta na ocorrência de descargas elétricas; trabalhou com dielétricos e estudou a influência de condutores nos sinais que gerava. No capítulo “*On very rapid electric oscillations*”, podemos entender o seu processo de construção do aparato com o qual fez experimentos.

¹⁷ Livro *Electric Waves*, Dr. Heinrich Hertz: <<https://archive.org/details/electricwavesbe00jonegoog>>.

Figura 4 – Evolução dos experimentos de Hertz com oscilações eletromagnéticas



Fonte: Adaptado de HERTZ, *Electric Waves*, p. 31 - 40

Na Figura 4, vemos a evolução dos circuitos elaborados por ele com uso de bobinas, os eletrodos de descarga elétrica e o micrômetro, para captação das descargas elétricas no circuito de recepção. No livro, temos o registro da sua metodologia de trabalho e o depoimento de certa frustração por identificar problemas que ainda não havia resolvido, especialmente os da natureza precária das oscilações produzidas, que ele comparou com oscilações acústicas, não as produzidas por um diapásão, e sim

como as que são produzidos por uma barra de madeira com um martelo, - oscilações que rapidamente desaparecem e com as quais misturam-se distúrbios irregulares. E quando estamos lidando com oscilações deste tipo, somos obrigados, mesmo em acústica, a nos contentarmos com meros indícios de ressonância (HERTZ, 1893, p.1 - 49).

Destacam-se nos diagramas elétricos para produzir as oscilações, no lado da transmissão: as bobinas (*A*) que produziam a alta tensão em associação com o interruptor (não representado) no secundário do transformador (*A*) de onde a alta tensão era interligada às esferas de descarga elétrica (*B*) e aos capacitores (*C*, *C'*) por fios de tamanho definido que constituíam um dipolo sintonizado em frequência conhecida por Hertz. No lado da recepção: o circuito era formado por um retângulo de fio metálico (*a*, *b*, *c*, *d*), com uma pequena abertura onde outras duas esferas constituíam a fenda com ar do micrômetro (*M*).

Hertz foi um dos mais importantes cientistas para o desenvolvimento das telecomunicações, que começava a emergir com o telefone e o telégrafo, no final do século XIX. Apesar da importância do seu feito, há registro de que Hertz não teria percebido aplicações práticas para as ondas eletromagnéticas e que os experimentos

apenas provavam que Maxwell estava correto em relação às ondas eletromagnéticas: *“It’s of no use whatsoever... this is just an experiment that proves Maestro Maxwell was right—we just have these mysterious electromagnetic waves that we cannot see with the naked eye. But they are there”*¹⁸. Suas pesquisas colaboraram para o surgimento quase imediato da telegrafia sem fio – desenvolvida por Guglielmo Marconi que aperfeiçoou transmissores e receptores de rádio, conseguindo estabelecer a comunicação entre pontos remotos, o que lhe valeu o Prêmio Nobel de Física de 1909, dividido com Karl Ferdinand Braun¹⁹, que também desenvolveu transmissores de telegrafia sem fio. Poucas décadas depois, os circuitos de recepção se tornaram mais complexos e sensíveis, possibilitando o surgimento da Radioastronomia.

2.2 MECANISMOS DE EMISSÃO DE ONDAS DE RÁDIO

Com a evolução tecnológica, a produção de ondas de rádio por meio de circuitos osciladores envolvendo capacitores e indutores, outros circuitos de controle, modulação, amplificação e filtros possibilita gerar e receber sinais com características precisas, de modo que sua emissão por dispositivos eletrônicos é objeto de estudos para aprimorar sua utilização crescente em telecomunicações, na medicina, na indústria. Por outro lado, na Natureza, temos, por exemplo, os sinais de rádio de fontes radioastrômicas, cujas emissões são governadas por mecanismos próprios, que foram divididos em dois grandes grupos: emissões térmicas e não térmicas.

2.2.1 O corpo negro e as emissões térmicas

Denomina-se corpo negro a um objeto que absorve toda a energia da radiação eletromagnética que recebe e a emite em todo o espectro de frequências, embora não na mesma intensidade em todo o espectro, na mesma taxa em que foi recebida (PARTNER, p. 13-14). Objetos podem emitir uma ampla gama de frequências, como as radiações infravermelhas, na região da luz visível e ultravioleta, como o Sol, e até mesmo ondas de rádio, o que possibilita o seu estudo pela Radioastronomia.

Os corpos negros têm as seguintes características (PARTNER, p. 14):

¹⁸ New World Encyclopedia – Heinrich Hertz: <
http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Heinrich_Hertz>.

¹⁹ Prêmio Nobel de Física de 1909: <
https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1909/>.

- Um corpo negro com temperatura acima do zero absoluto emite radiação em todos os comprimentos de onda;
- Um corpo negro que esteja com uma temperatura mais alta, emitirá mais radiação em todos os comprimentos de onda do que outro de temperatura menor;
- Quanto maior a temperatura, menor o comprimento de onda no qual se emite radiação com máxima intensidade.

Algumas leis da Física estão associadas ao comportamento do corpo negro: primeiro, a Lei de Wien, que estabelece que, para temperaturas mais altas, haverá mais energia emitida em todos os comprimentos de onda, mas o valor de pico desta energia será irradiada em comprimentos de onda menores, ou seja, em frequências mais altas. Além disso, quanto menor o comprimento de onda de uma radiação eletromagnética, maior a energia que esta onda possuirá. Assim, “o comprimento de onda (λ_M) correspondente à máxima densidade espectral de energia da radiação emitida por um corpo negro é inversamente proporcional à sua temperatura” (CARUSO, OGURI, 2016, p. 300), em conformidade com a Lei de Wien:

$$\lambda_M T = 2,89 \times 10^{-3} \text{ mK}$$

λ_M = o comprimento de onda da máxima densidade espectral

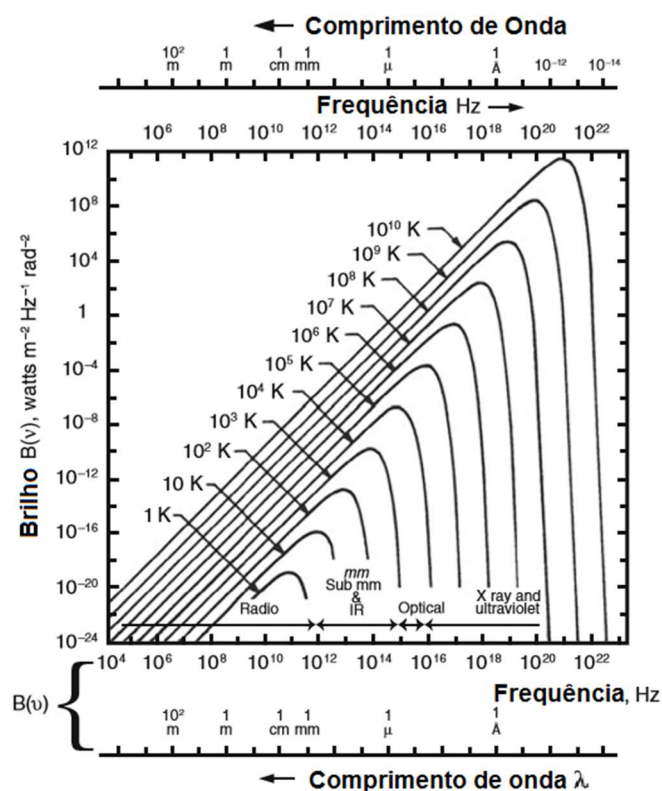
T = a temperatura

Também a Lei de Stefan-Boltzmann: a energia total emitida por segundo, por metro quadrado (radiância), por um corpo negro, a uma dada temperatura, é proporcional à quarta potência a sua temperatura absoluta.

Na Figura 5 podemos ver, pela curva de um corpo negro típico, como este irradia mais energia em determinada frequência, mais alta que as demais, para cada curva de nível de brilho. “A distribuição espectral da radiação de um corpo negro no equilíbrio termodinâmico é dada pela lei de Planck” (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013, p. 13):

A frequência de cada componente monocromática da radiação emitida seria igual à frequência natural de vibração de osciladores elementares, cujas energias só poderiam assumir valores discretos, múltiplos inteiros de um *quantum* de energia proporcional a essa frequência (CARUSO, OGURI, 2016, p. 292)

Figura 5 – Curvas de radiação do corpo negro, em diversos níveis de temperatura, com a faixa de rádio ocupando os valores mais baixos



Fonte: Adaptado de WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013, p. 15

Um dos resultados dos estudos do corpo negro por Planck, estabelece que a energia da radiação eletromagnética é proporcional à sua frequência. Um feixe de radiação eletromagnética pode ser considerado como um fluxo de pequenos pacotes de energia chamados de “quantum”. Para contextualizarmos o desenvolvimento subsequente aos estudos de Planck, cabe ressaltar que, a partir dos seus trabalhos

Einstein mostrou ser possível associar a uma onda eletromagnética plana monocromática, de frequência ν , um conjunto de partículas, os fótons, que carregam, cada um, um fragmento ou *quantum* de energia E , proporcional à frequência da radiação ($E=h\nu$) [h , a constante de Planck], tal que a energia total da onda, em uma dada região do espaço, é expressa como a soma das energias dos fótons (CARUSO, OGURI, 2016, p. 407)

Tais estudos repercutem profundamente no modo de entendermos o Universo, pois, ao buscarmos explicações para o que ocorre no âmago da matéria e como tais processos são responsáveis pelas emissões de radiações eletromagnéticas, teremos como conceber instrumentos precisos para a leitura de fenômenos remotos de modo que, a

partir da análise das radiações que captarmos, sejam ondas de VLF, micro-ondas ou Raios X, podemos aumentar o nosso entendimento de processos macroscópicos, como ocorre ao estudarmos a Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas.

Na Astronomia, o Sol, os planetas e outras estrelas são considerados exemplos de corpos negros e é possível estimar as temperaturas destes objetos baseando-se nas frequências das radiações que emitem. No Quadro 2, temos alguns exemplos de radiação produzida por mecanismos termais e as fontes típicas:

Fonte: MILLER, 1998, p. 21

Tipo de Radiação	Comprimento de Onda (nanômetros [10^{-9} m])	Irradiado por Objetos nas Temperaturas	Fontes Típicas
Raios Gama	Menor do que 0,01	Maiores do que 10^8 K	Poucas fontes cósmicas; Reações nucleares;
Raios X	0,01 – 20	10^6 – 10^8 K	Gases em aglomerados de galáxias; Remanescentes de supernovas; Corona solar;
Ultravioleta	20 – 400	10^5 – 10^6 K	Remanescentes de supernovas; estrelas muito quentes;
Luz Visível	400 – 700	10^3 – 10^5 K	Exterior das estrelas;
Infravermelho	10^3 – 10^6	10 – 10^3 K	Nuvens frias de poeira e gás; planetas; satélites;
Rádio	Maior do que 10^6	Menor do que 10 K	Nuvens escuras de poeira.

Quadro 2 – Fontes típicas de radiação termal

Um parâmetro importante na Radioastronomia é a temperatura, por isso a menção à teoria do corpo negro. Normalmente na engenharia de enlaces de telecomunicações, os níveis de radiofrequência são medidos em decibéis (dB), mas na Radioastronomia, a potência do sinal recebido é medida em graus Kelvin (K). Esta forma de avaliar a intensidade do sinal de uma fonte radioastronômica pode gerar confusão, a princípio, pois também existe uma unidade de medida da densidade de fluxo, o Jansky, em homenagem ao pai da Radioastronomia, Karl Jansky.

Ao medir a intensidade de uma fonte radioastronômica em temperatura de brilho, mede-se a intensidade do sinal em Kelvin (K) em vez de Jansky (Jy), mas é importante entender que esta é uma medida equivalente, por exemplo, à temperatura de um corpo negro hipotético que emitisse o mesmo brilho da fonte em estudo

(PARTNeRama – *um telescópio ou um termômetro?*, 2009, p. 12-18). Uma fonte de referência típica é um resistor, um componente eletrônico que absorve potência elétrica a ele aplicada ao oferecer resistência à passagem da corrente elétrica, convertendo-a em calor. Um resistor em temperatura $T > 0 K$ gera ruído térmico, de natureza elétrica em seus terminais. “A intensidade e o espectro de um corpo negro dependem unicamente da temperatura do corpo negro ou da cavidade. O mesmo é verdadeiro para o ruído elétrico gerado por um resistor aquecido”²⁰. Desse modo, em teoria, resistores podem ser utilizados como padrões de calibração para a Radioastronomia. Conectando-se um resistor de valor igual à impedância da entrada do receptor, o fraco sinal por ele gerado ao se aumentar sua temperatura, sem variar a impedância, será equivalente a

$$P = kTB$$

P = Potência em Watts;

K = Constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$);

B = Largura de faixa do receptor, em Hertz;

T = Temperatura do resistor em Kelvins.

Fonte: RADIOJOVE, *Calibrated Noise Source and Bandpass Filter*, 2010, p. 3.

O estudo das características de emissão do corpo negro permite que a medida de parte do espectro seja suficiente para inferir a temperatura de um corpo celeste. Entretanto, na Radioastronomia é importante diferenciar os tipos de emissão por processos Térmicos e Não Térmicos. A superfície do Sol possui pico de emissão na faixa de 6000 K, mas quando se mede as emissões esporádicas de rádio do Sol, na faixa de Ondas Curtas (ou *High Frequency* - HF, em 20 MHz, por exemplo), a temperatura equivalente seria de dezenas milhares de graus K. A discrepância ocorre porque estas emissões devem-se a mecanismos não térmicos, como veremos.

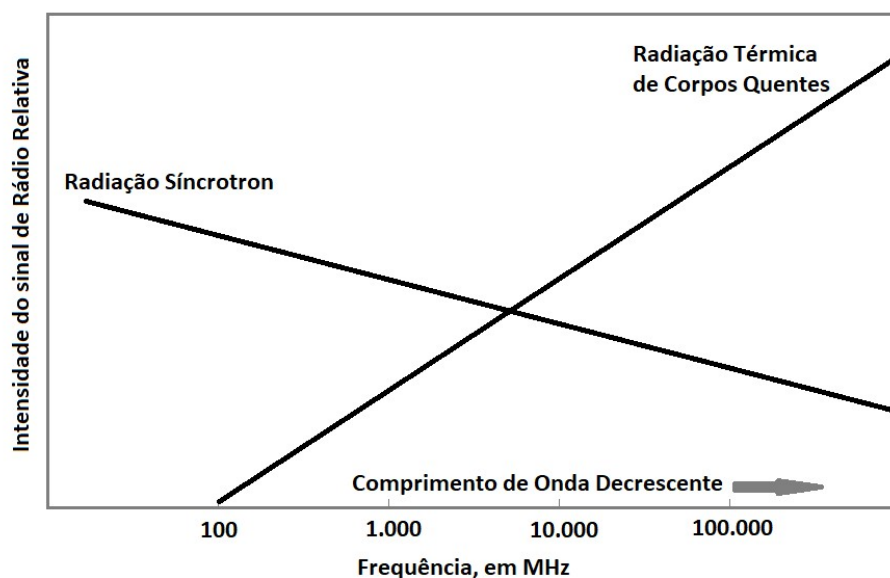
2.2.2 Emissões não térmicas: ciclotron e síncrotron

Em termos comparativos, quando analisamos o espectro eletromagnético em ampla faixa de frequências, a intensidade da radiação de origem térmica aumenta com a frequência e a da radiação de origem não térmica (ciclotron e síncrotron) diminui com a

²⁰ Radiation Fundamentals - Blackbody Radiation. Disponível em <<http://www.cv.nrao.edu/~sransom/web/Ch2.html>>. Acesso em 10/07/2017.

frequência, conforme Figura 6 (PARTNeRAMA, número 6, 2009, p.11). Esta diferenciação é importante no estudo dos mecanismos de emissão radioastronômicos.

Figura 6 – Comparação dos espectros não-térmico e térmico, com as intensidades relativas diminuindo e aumentando com a frequência, respectivamente



Fonte: Adaptado da Revista PARTNeRama, 2009, n. 6, p. 11

Nas emissões eletromagnéticas originárias do fenômeno denominado cíclotron²¹, a radiação é emitida num processo chamado “girofrequência”, ou seja, a partir do movimento de elétrons atravessando um campo magnético. A frequência é determinada pela seguinte expressão (FLAGG, 2005, p. 1-8):

$$f = 2,8B$$

f é a frequência do sinal gerado, em Hertz (Hz);

B é a intensidade do fluxo do campo magnético, em Gauss;

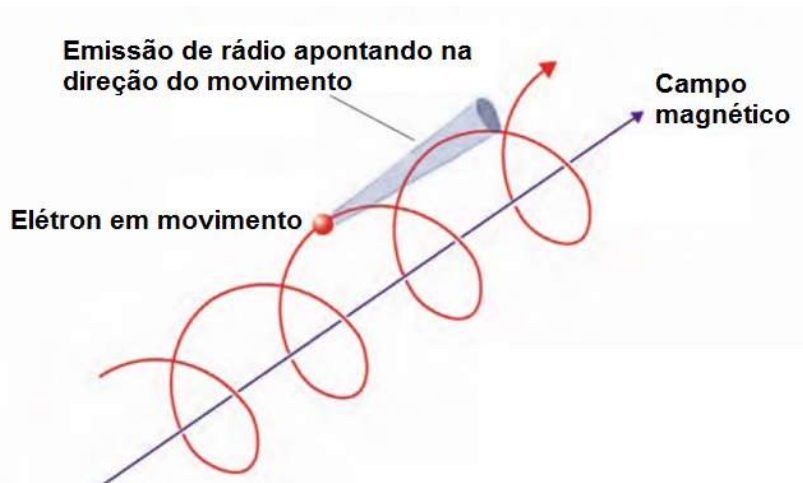
2,8 - este valor refere-se à movimentação circular da partícula carregada, perpendicularmente a um campo magnético uniforme, relacionada à expressão $f = \frac{q}{2\pi m} B$ (q é a carga da partícula e m a massa).

²¹ A velocidade angular (ω) geralmente é referenciada como frequência cíclotron, pois as partículas carregadas circulam nesta velocidade angular em um tipo de acelerador chamado *cíclotron* (SERWAY & JEWETT, 2014, p. 145). O **cíclotron** é um dispositivo que pode acelerar partículas carregadas a velocidades muito altas. As forças elétrica e magnética desempenham um papel fundamental em seu funcionamento (SERWAY & JEWETT, 2014, p. 149).

Quando visto a partir de uma direção ao longo da linha de campo, o vetor campo elétrico da radiação emitida estará girando, dando origem, portanto, a uma emissão polarizada circularmente. Quando visto de lado, no entanto, o movimento do elétron parece oscilar de um lado para o outro e, portanto, a polarização será linear. Para todos os ângulos de visão entre as emissões, parecerá ter polarização elíptica. Por esta razão, a emissão de rádio polarizada é uma indicação definitiva de que há um campo magnético envolvido, da fonte de rádio que se estuda. Um exemplo desta situação é o que ocorre em Júpiter, e está relacionado a um dos Produtos Educacionais propostos.

A emissão síncrotron ocorre a partir de elétrons que se deslocam a velocidades relativistas em meio a um campo magnético, Figura 7, e este é um processo comum em todo o Universo. Algumas características da radiação síncrotron: emissão de rádio polarizada; com padrão de distribuição de potência na forma de um cone cujo sinal será detectado se o observador estiver em sua linha de visão. A maioria das emissões ocorre em frequências baixas, que são harmônicas da girofrequência fundamental; o resultado do valor baixo da girofrequência é que esses harmônicos são muito próximos. Isso significa que a emissão é essencialmente contínua e espalhada por uma ampla faixa espectral (LASHLEY, 2010, p. 62).

Figura 7 – Processo Ciclotron/Síncrotron: elétron espiralando em campo magnético



Fonte: adaptado de LASHLEY, 2010, p. 61

A compreensão da forma de emissão das radiações síncrotron também é relevante na exploração espacial e na pesquisa científica para entendermos os ambientes em torno de planetas e estrelas e no meio interestelar. Quando se aponta uma antena na

faixa de Ondas Curtas (20 MHz), como a do *Radio Jove*²², para o plano da Via Láctea, e o sinal captado na antena indica uma temperatura de 50.000 K na fonte, isto não quer dizer que esta é a temperatura em que a antena ficará por ter captado o sinal, nem que a fonte que o emitiu está com aquela temperatura. Esta noção é importante como uma forma de discernir os diferentes mecanismos, térmicos e não térmicos, como já foi mencionado.

Pode-se dizer também que, naquela frequência do receptor, a temperatura aparente da Via Láctea é de 50.000 K, ou ainda, que a temperatura da antena, devido à radiação da galáxia é de 50.000 K (FLAGG, 2005, p. 10-3). Temperaturas tão altas não são equivalentes a processos de emissão de rádio por mecanismos térmicos e este processo da Via Láctea é atribuído ao fenômeno síncrotron. Independentemente do mecanismo de emissão, térmico ou não térmico, e do objeto celeste que o emite, só poderemos observá-los na Terra se a atmosfera for transparente para as frequências emitidas.

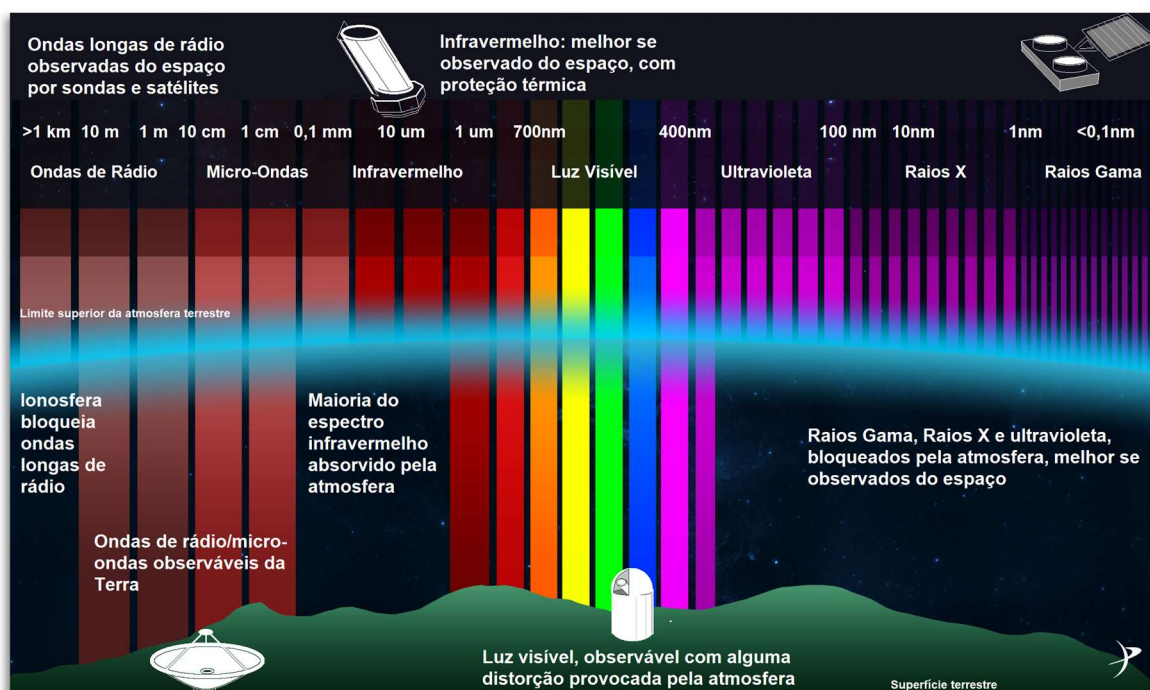
2.3 JANELAS DE OBSERVAÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Quando olhamos para o céu e vemos estrelas, planetas e outros astros, isso só é possível porque a atmosfera da Terra não é opaca à luz por eles emanada. As características de interação de cada faixa espectral com a atmosfera definem as “janelas” de observação, esquematizadas na Figura 8. Tem-se uma grande faixa que é transparente à passagem da luz visível, algumas janelas estreitas para o infravermelho e ultravioleta próximo e a grande janela das ondas de rádio vindas do espaço que permite a radioastronomia e a comunicação com satélites, sondas espaciais, uso de radares.

A atmosfera se comporta como se fosse um filtro que pode bloquear determinados comprimentos de onda. Dependendo da fonte de consulta, os limites da janela podem variar nas bordas mais extremas do espectro de rádio. Por exemplo, no livro *Listening to Jupiter*, considera-se ser a janela de rádio o intervalo de 10 MHz a 20 GHz (FLAGG, 2005, p. 2-4). Para KRAUS (2005, p. 1-0), em *Radio Astronomy 2nd Edition*, a janela de rádio vai de 30 MHz a 30 GHz (10 m a 1 cm). Já no livro *Tools of Radio Astronomy*, considera-se o intervalo de 10 MHz a 1,5 THz (30 m a 0,2 mm), para a janela de rádio (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013. p. 3).

²² *Radio Jove Project*: < <https://radiojove.gsfc.nasa.gov/> >.

Figura 8 – Janelas de observação do espectro eletromagnético: rádio e luz visível atingindo a superfície terrestre



Fonte: adaptado de <http://www.planetary.org/multimedia/space-images/charts/the-atmospheres-effect-on.html> e http://earthguide.ucsd.edu/eoc/special_topics/teach/sp_climate_change/p_atmospheric_window.html

Mesmo com as diferenças entre as fontes, todos concordam que os limites podem variar com diversos fatores associados à atmosfera. O limite mais alto da RF, adotado no último livro, já encontra aplicação prática na Radioastronomia que é feita com o radiotelescópio *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array* - ALMA²³, em frequências muito elevadas, na faixa de 3,6 mm a 0,3 mm (84 a 950 GHz). Para compensar a absorção atmosférica, suas antenas foram instaladas a 5.000 m de altitude no Deserto do Atacama, no Chile.

De qualquer modo, estes extremos não são limites rígidos, dependendo de vários aspectos. No caso do limite superior, moléculas presentes na atmosfera apresentam absorção elevada, especialmente as listadas no Quadro 3. No outro extremo, para as frequências mais baixas, a ionosfera representa um fator importante, como veremos.

Fonte: Adaptado de WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013. p. 3

Moléculas	Faixas ou bandas de absorção
H ₂ O	22,2 GHz (1,35 cm) e 183 GHz (1,63 mm)
O ₂	Várias bandas em cerca de 60 GHz (5 mm) e linha

²³ Radiotelescópio ALMA: < <http://www.almaobservatory.org/en/home/>>.

	em 119 GHz (2,52 mm)
CO ₂ e N ₂	Acima de 300 GHz (1 mm)

Quadro 3 – Absorção de micro-ondas por tipo de molécula presente na atmosfera da Terra

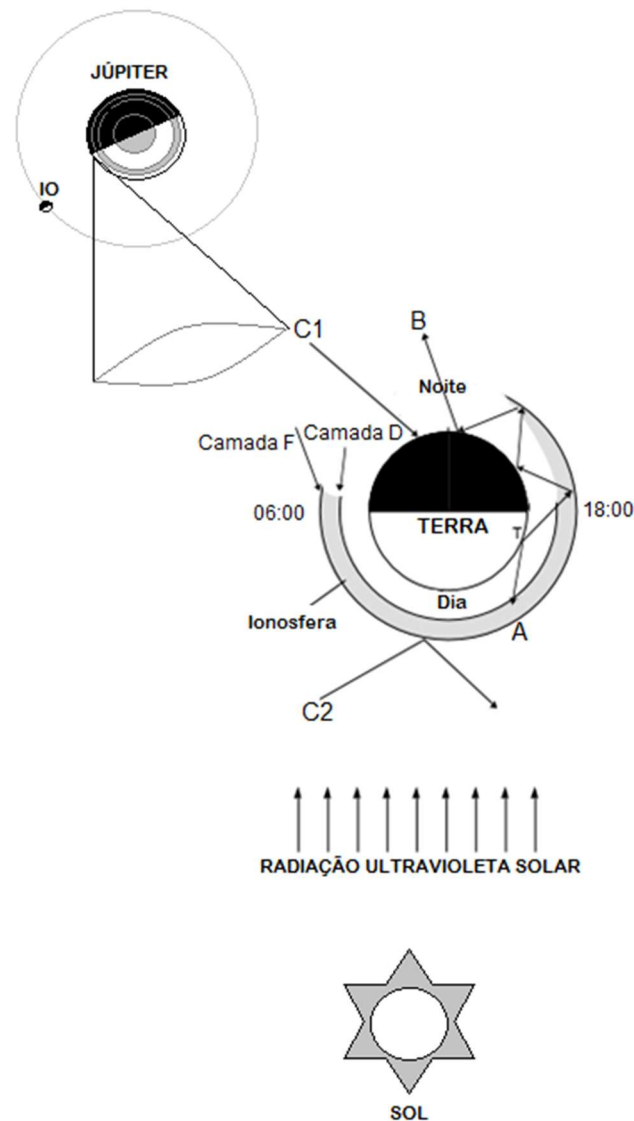
Em todas as faixas de frequências, ressalta-se, devem estar claras as dificuldades de observação nas proximidades de aglomerados urbanos ou áreas industriais devido às interferências de radiofrequências (RFI) causadas pelos dispositivos eletrônicos (lâmpadas com ajustes eletrônicos e do tipo LED, telefonia celular, controles remotos, motores, *Wi-Fi* etc.). Apesar de a União Internacional de Telecomunicações (*The International Telecommunication Union - ITU*) alocar frequências específicas para a Radioastronomia, dispositivos desajustados podem gerar interferências severas, causando prejuízos às observações mesmo que a janela atmosférica esteja desimpedida.

Quando for o caso de ocorrer observação de algum astro em campo, ou mesmo nos casos de simulação de algum objeto celeste em sala de aula, fontes de interferência devem ser consideradas. As épocas mais adequadas no calendário anual escolar e de eventos celestes devem ser planejadas e cuidadosamente sincronizadas quando se desejar alguma observação direta. É o caso das sessões de observação de rádio de Júpiter, por exemplo, que levam em conta a época do ano e o horário de menor atenuação da ionosfera.

2.3.1 A ionosfera e as observações radioastronômicas

Juntamente com a troposfera (0 a 11 km) e a estratosfera (11 a 50 km) a ionosfera, que começa acima de 50 km, é uma das três principais camadas da atmosfera terrestre. Estendendo-se até cerca de 400 km de altitude (algumas fontes consultadas mencionam 1.000 km), na ionosfera os gases atmosféricos estão progressivamente mais rarefeitos quanto maior for a altitude. Além disso, há um bombardeio constante de partículas energéticas vindas do Sol e dos raios cósmicos, ionizando os gases. A radiação ultravioleta do Sol também provoca a ionização, e é o fator mais importante para a propagação de rádio em frequências abaixo de certo valor, que pode estar entre 4,5 e 11 MHz (na faixa de Ondas Curtas - OC ou *High Frequency - HF*), dependendo das condições atmosféricas e solares. Frequências bem acima deste limite já não são mais totalmente refletidas ou bloqueadas pela ionosfera.

Figura 9 – No lado noturno da Terra, a ionosfera pouco ionizada permite a passagem de certos sinais de rádio



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

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

A ionosfera foi subdividida em camadas: *D* (a mais baixa), *E* (intermediária) e *F* (a mais alta). À medida que os raios ultravioletas do Sol penetram na atmosfera, ionizam os gases em seu caminho, mas os gases nas altitudes mais baixas são mais densos e a radiação ultravioleta perde energia até não ser mais possível a ionização. Formam-se, então, as camadas com diferentes densidades de ionização. Na Figura 9, a ilustração de um sinal de rádio (*C1*) gerado em Júpiter, captado na Terra.

Alguém na superfície da Terra, com um receptor como o do *Radio Jove*, para uma das faixas geradas por Júpiter, cerca de 20 MHz, por exemplo, poderá captar o sinal. Destacamos que o sinal está chegando à superfície do planeta Terra no horário noturno, quando a ionização da atmosfera pelo Sol já se dissipou, tornando-se transparente para as frequências em questão. Observar como a camada *F*, no lado diurno, reflete os sinais de fora da Terra (em *C2*), mas também reflete sinais originados em alguma emissora na Terra (*T*), permitindo que alcance distâncias continentais, até se perder no Espaço (*B*). A camada *D* também absorve radiações de baixas frequências (*A*) durante o dia, dificultando sua propagação.

Para a Radioastronomia experimental, especialmente com os receptores de VLF e do *Radio Jove*, em HF, o comportamento da atmosfera deve ser considerado nas observações feitas em campo. Observações decamétricas do Sol podem ser feitas mesmo durante o dia, pois suas emissões podem ser tão intensas que conseguem ultrapassar a barreira ionosférica. Detalharemos na próxima seção os termos que são utilizados para designar as faixas de rádio no espectro eletromagnético.

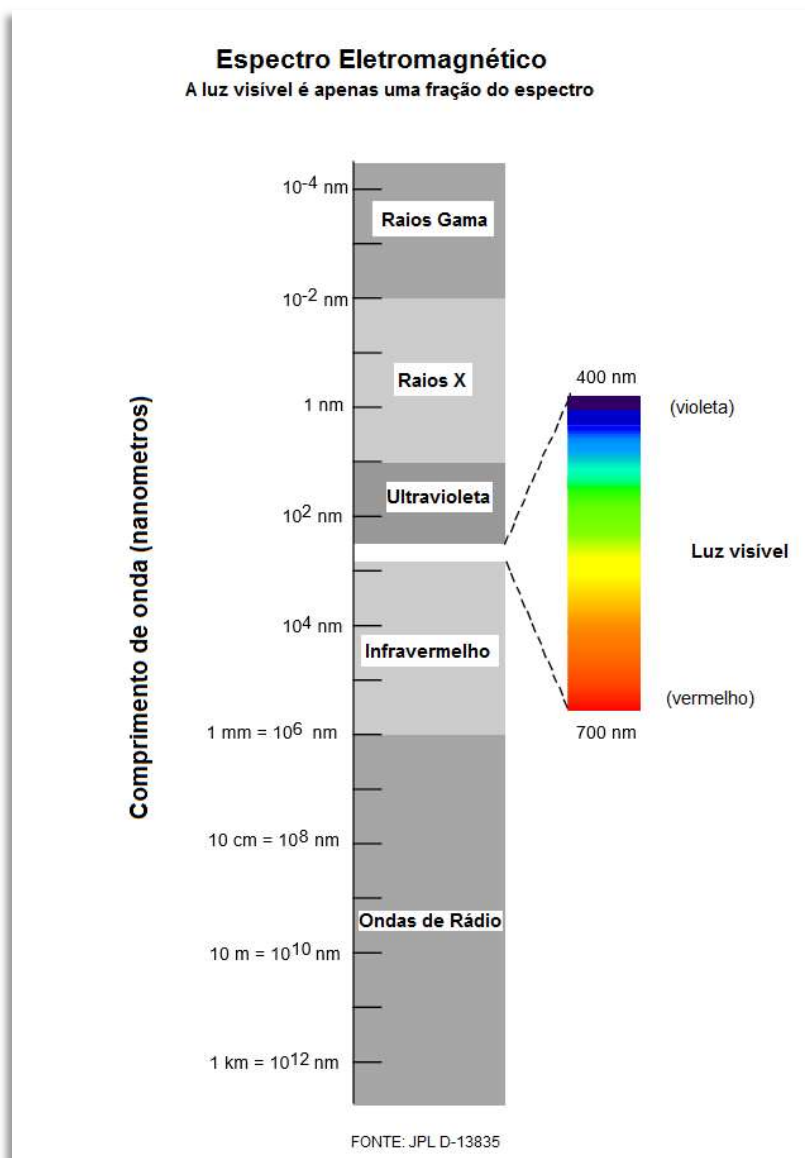
2.4 ONDAS DE RÁDIO E ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

A classificação do espectro eletromagnético atende a aspectos científicos, técnicos, regulatórios e políticos. Parte do espectro foi alocada para uso por emissoras de rádio comerciais, sistemas de telefonia, de segurança, pelos satélites e na exploração espacial, pois logo se percebeu que o espectro eletromagnético é vasto, mas nem sempre é possível usar qualquer faixa com a mesma eficiência e, ao mesmo tempo, por todos que dele precisam, assim, passou a ser considerado um recurso escasso. Após as primeiras demonstrações de Hertz, outros estudiosos pensaram aplicações práticas como as implementadas por Marconi, para comunicação com navios, e o controle revelou-se essencial em termos de desenvolvimento da economia e segurança nacional.

Várias instituições passaram a usar faixas de frequências, para pesquisas e serviços a elas associados, e não deveriam sofrer interferências no mesmo canal - às vezes compartilhando a mesma frequência ou com sinais adjacentes que não devem se sobrepor. Tornou-se necessário compreender a propagação das ondas eletromagnéticas na atmosfera, a interação com a ionosfera e o uso em aplicações espaciais. Inevitavelmente, as classificações surgiram, o que ajuda a compreendermos certos

aspectos de cada parte do espectro e contribui para uma nomenclatura comum a determinados usos.

Figura 10 – O espectro eletromagnético, com as ondas de rádio ocupando o extremo de maior comprimento de onda



Fonte: adaptado de MILLER, 1998, p. 13

Numa perspectiva mais ampla, o espectro eletromagnético compreende as divisões da Figura 10, de acordo com os comprimentos de onda e as frequências associadas: Ondas de rádio (incluindo micro-ondas); Infravermelho (radiações Terahertz estão no limite entre micro-ondas e infravermelho); Luz visível; Ultravioleta; Raios X e Raios Gama. Para a engenharia de telecomunicações, o espectro eletromagnético de rádio e micro-ondas é subdividido da seguinte maneira, Quadro 4:

Fonte: adaptado de BARRADAS, SILVA, 1978, p. 13-43

Faixa de Frequência	Mecanismo de propagação e usos
ELF (0,3 A 3 kHz) Extremely Low Frequency (Ondas extremamente longas)	Penetração no solo e através da água; Escavação de minas; Comunicação por submarinos; Radioastronomia.
VLF (3 kHz A 30 kHz) Very Low Frequency (Ondas muito longas)	Reflexão ionosférica, na camada D. A onda se comporta como se estivesse confinada entre a ionosfera e a superfície da Terra, onde a energia se dissipa; Escavação de minas; Comunicação por submarinos; Radioastronomia.
LF (30 kHz a 300 kHz) e MF (300 kHz a 3000 kHz) (LF) Low Frequency (MF) Medium Frequency (OM - Ondas Médias, AM – Amplitude Modulada, Medium Wave - MW)	Até 100 kHz, por reflexão ionosférica, mas com maior atenuação; acima de 100 kHz até 3 MHz, propagação predominante por onda de superfície, na Terra; Auxílio à navegação aérea e marítima; Radiodifusão;
HF (3 MHz A 30 MHz) High Frequency (Short Wave - SW; Ondas Curtas - OC)	Refração ionosférica. As diversas camadas da Ionosfera provocam refrações na onda, que retorna à superfície da Terra e é refletida de volta à Ionosfera; Auxílio à navegação aérea e marítima; Radiodifusão local e distante; Radioastronomia.
VHF (30MHz a 300 MHz) Very High Frequency UHF (300 MHz a 3000 MHz) Ultra High Frequency	A refração ionosférica já não é mais tão acentuada, as ondas refratadas não atingem o solo. Acima de 2 GHz os efeitos da atmosfera na propagação são mais acentuados, por refração. Radiodifusão; Comunicação pública e privada; Segurança; Telefonia móvel; Radioastronomia.
SHF (3 GHz a 30 GHz) Super High Frequency (Micro-Ondas) EHF (30 GHz A 300 GHz) Extremely High Frequency (Micro-Ondas)	Acima de 2 GHz os efeitos da atmosfera na propagação são mais acentuados, por refração. Telefonia; Comunicações via satélite. Radioastronomia.

Quadro 4 – Classificação do espectro eletromagnético de rádio e micro-ondas

Por esta classificação, as radiofrequências compreendem a faixa de 0,3 kHz a 300 GHz (incluindo as micro-ondas, mas não considerando as radiações *Terahertz*). Para a Radioastronomia, esta divisão ajuda a sistematizar os estudos e padronizar os recursos e o planejamento dos radiotelescópios. Além disso, em outra divisão, as micro-ondas têm a nomenclatura definida nas seguintes Bandas, Quadro 5:

Fonte: Adaptado de MILLER, 1998, p. 15

Banda	Faixa de Comprimentos de Onda (cm)	Faixa de Frequência (GHz)
L	30 – 15	1 – 2
S	15 – 7,5	2 – 4
C	7,5 – 3,75	4 – 8

X	3,75 – 2,4	8 – 12
K	2,4 – 0,75 (Banda Ku, recepção na Terra: 10,7 – 12,2 GHz) ²⁴	12 – 40

Quadro 5 – Bandas de micro-ondas

Convém lembrar que cada faixa de frequência guarda peculiaridades de propagação e de absorção pela atmosfera terrestre, requerendo antenas com características específicas. Por exemplo, na nossa atmosfera a ionosfera bloqueia os sinais de radiofrequência nas faixas de VLF e LF oriundos do Espaço, mas, ainda assim, é possível efetuar a Radioastronomia de objetos celestes com as sondas espaciais, como a Cassini, Voyager etc., quando equipadas com os receptores apropriados.

O espectro eletromagnético, portanto, inclui desde as radiações denominadas de radiofrequência (RF) ou simplesmente rádio, compreendendo os valores mais baixos de oscilações por segundo, com maior valor do comprimento de onda, até as frequências mais altas no extremo do espectro, os raios gama, que possuem os menores comprimentos de onda. Todas as faixas são objeto de estudo na Astronomia, com as ferramentas adequadas a cada frequência foi possível descobrir novos fenômenos.

2.5 ANTENAS E RECEPTORES DE RÁDIO

Assim como os telescópios óticos são os instrumentos associados à atividade dos astrônomos, a radioastronomia possui um elemento que é igualmente icônico: a **antena**. Uma antena pode ser definida como um dispositivo passivo que converte radiação eletromagnética em correntes elétricas em um condutor (quando usados como antenas de recepção), ou vice-versa (quando usadas como antena de transmissão)²⁵.

Antenas, do ponto de vista da engenharia de telecomunicações, podem ser entendidas como dispositivos de acoplamento entre a onda eletromagnética e a linha de recepção que encaminhará o sinal ao circuito do receptor. O princípio de funcionamento da antena transmissora é equivalente ao da receptora, mas como neste estudo abordamos majoritariamente a captação de sinais nos radiotelescópios, ao nos referirmos a antenas estaremos tratando de dispositivos de recepção de sinais de rádio.

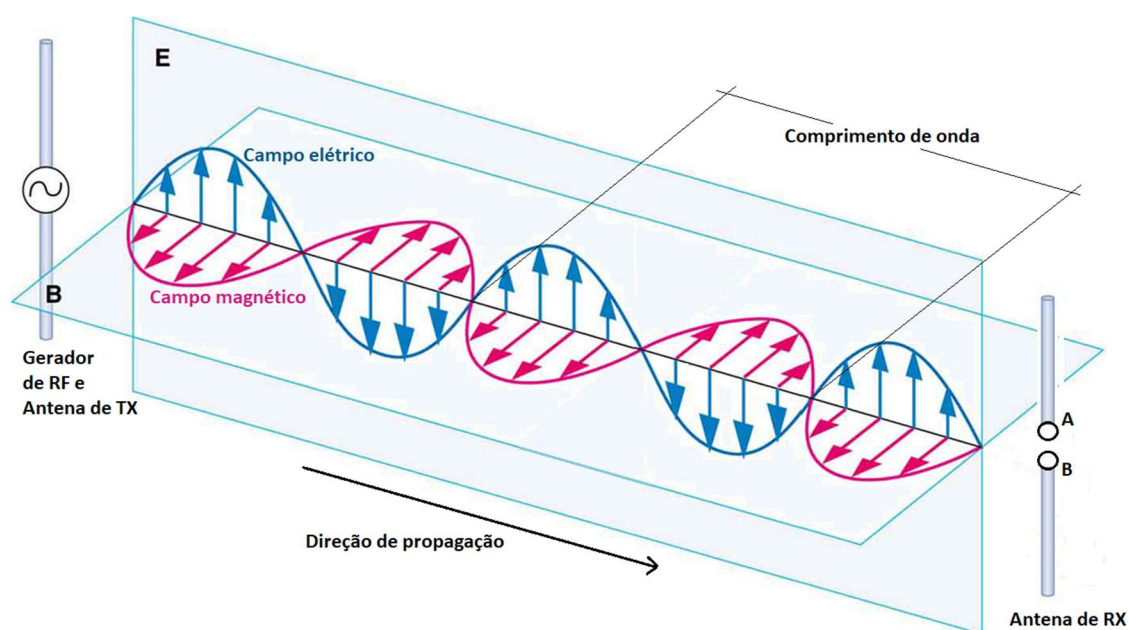
Em termos conceituais, se em algum local um sinal eletromagnético é gerado, este sinal se propagará pelo Espaço, com suas componentes de campo elétrico (***E***) e

²⁴ Banda Ku no Brasil: <<http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2003/283-resolucao-353>>.

²⁵ NRAO, Radiation Fundamentals: <<http://www.cv.nrao.edu/~sransom/web/Ch2.html>>.

magnético (B), ortogonais entre si, afastando-se em linha reta da fonte emissora à velocidade da luz, numa direção de propagação, como ilustra a Figura 11. Podemos imaginar um sinal de frequência fixa, para fins de estudo. A esta frequência está associado um comprimento de onda. À medida que o sinal se afasta da fonte geradora, o nível é atenuado em função da distância, por perdas de propagação no espaço livre, por atenuações ao atravessar um meio físico, de gás, por exemplo. A intensidade da RF a ser captada em uma antena receptora poderá ser incrementada se a antena for construída de modo a concentrar o sinal incidente em sua área, nos elementos de recepção.

Figura 11 – Campos elétrico e magnético ortogonais entre si e as antenas de transmissão (TX) e recepção (RX)



Fontes: adaptado de <https://courses.lumenlearning.com/physics> e SILVA, BARRADAS, 1978, p. 126

A ilustração da Figura 11 nos mostra um elemento gerador de radiofrequência (à esquerda), ligado a uma antena que irradiará o sinal no espaço e este sinal, após se propagar, ao interceptar a antena de recepção distante, à direita, fará surgir em seus terminais $A - B$ uma tensão. O sinal elétrico terá a mesma frequência do sinal transmitido remotamente, porém com menor intensidade.

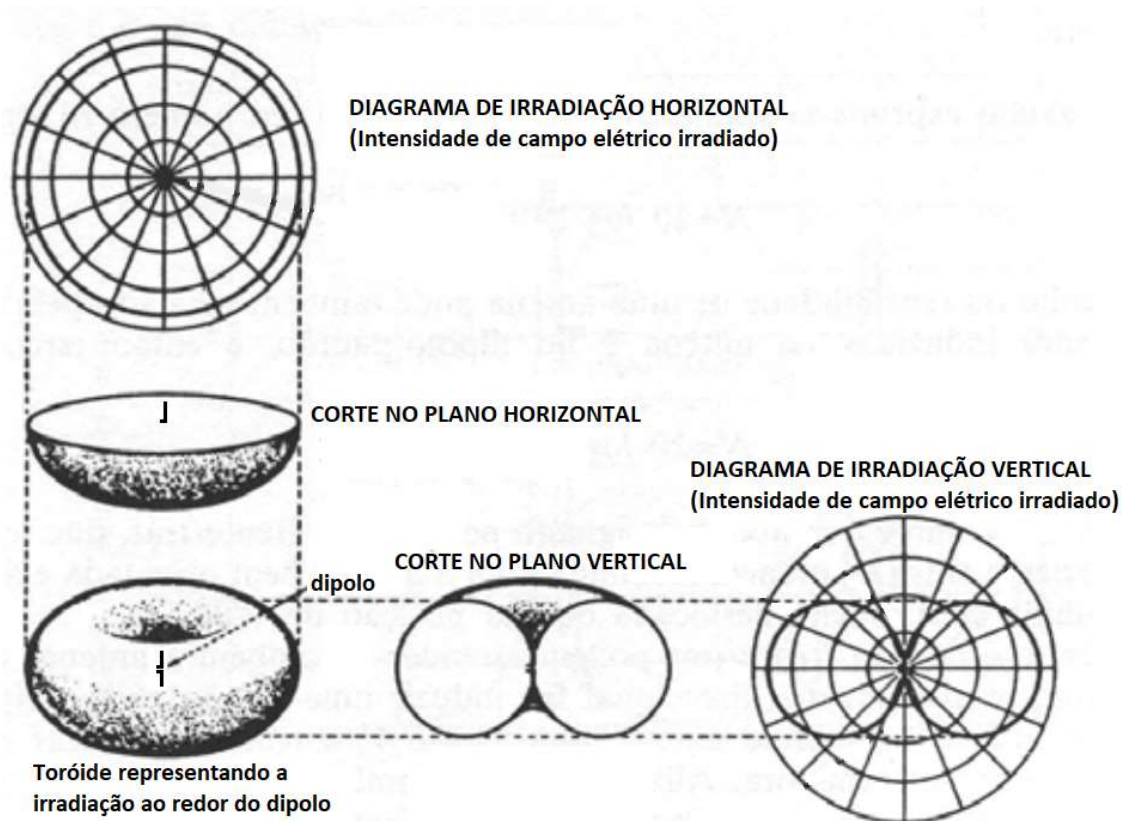
As antenas possuem outra característica importante para a Radioastronomia que é o **Diagrama de Irradiação**:

Uma antena hipotética que irradia as ondas eletromagnéticas da mesma forma que o Sol se chama antena *isotrópica*. As antenas reais irradiam como a lanterna, concentrando a energia em torno de direções preferenciais. Uma

maneira mais prática de se representar a direcionalidade de uma fonte é através de figuras chamadas *diagramas de irradiação* (SILVA, BARRADAS, 1978, p. 138)

Para ilustrar o diagrama de irradiação de uma antena, temos o exemplo do diagrama típico do dipolo, na Figura 12. É um tipo de antena que será utilizado na Radioastronomia experimental em campo, como veremos. O diagrama é válido para suas características de transmissão e recepção e pode representar suas propriedades em relação aos planos vertical e horizontal de irradiação, pois a onda se propaga no espaço tridimensional.

Figura 12 - Diagrama de irradiação da antena tipo dipolo

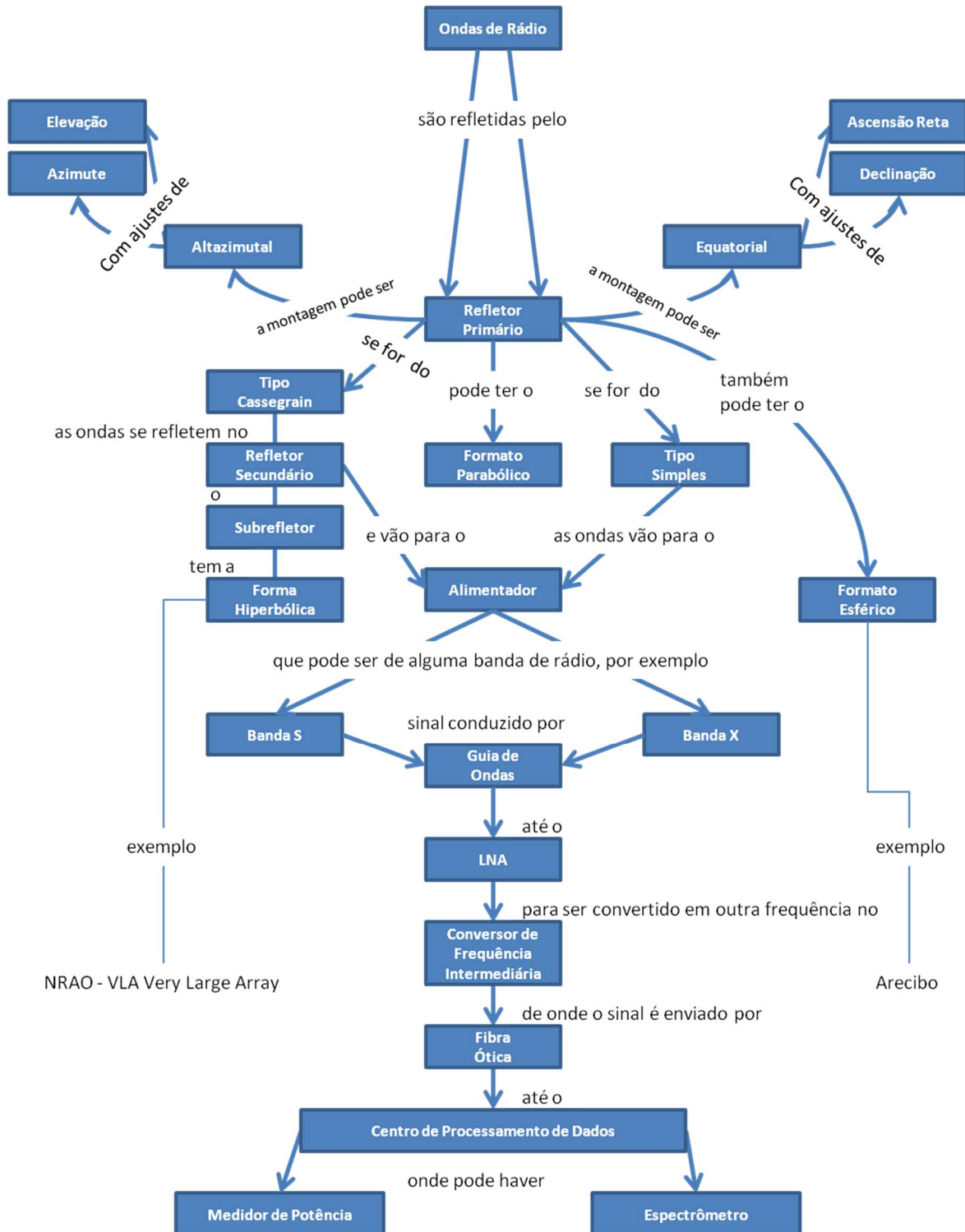


Fonte: Adaptado de SILVA, BARRADAS, 1978, p. 139

As antenas devem ser otimizadas para operarem considerando os comprimentos de onda de operação, os ganhos para as diversas frequências, a diretividade, o ruído. O formato das antenas é definido pelos diversos parâmetros que devem ser atendidos, podendo haver arranjos de dipolos para frequências baixas ou a montagem mais típica, com o disco parabólico do refletor metálico. Os componentes da antena de um

radiotelescópio podem ser muitos e estão esquematizados no diagrama adaptado, Figura 13, do qual destacamos alguns elementos.

Figura 13 – Diagrama esquemático de um radiotelescópio, com antena refletora



Fonte: adaptado de PARTNeR, PG_RT_13, p.12

As ondas de rádio concentradas pelo refletor são recebidas no alimentador, que é um dispositivo construído de acordo com o comprimento de onda. É comum os radiotelescópios possuírem vários alimentadores no ponto focal, operando em diversas frequências. Dos alimentadores, a RF é conduzida por guias de onda, onde os sinais trafegam com baixas perdas até o *Low Noise Amplifier* (LNA), amplificador de baixo ruído, ou equivalente, para, serem amplificados e convertidos nos receptores.

RECEPTORES: Existem dois tipos de receptores comumente usados na Radioastronomia: os receptores do tipo heteródinos e os bolométricos (GARRET, 2015, p. 4-9). Os heteródinos se assemelham, em termos de funcionalidade, aos receptores de rádio comumente utilizados em aplicações comerciais. São dispositivos que possuem circuito de sintonia sensível ao campo elétrico da frequência de recepção. O sinal recebido é amplificado por amplificador de baixo ruído (LNA), que normalmente é resfriado para minimizar o ruído térmico dos componentes eletrônicos. O sinal é filtrado e convertido para outra frequência de operação, mais baixa, por meio de mistura ou batimento com outra frequência gerada no próprio receptor, por oscilador estável, que resultará em uma frequência intermediária (FI) de valor fixo, mais fácil de ser amplificada e detectada por circuitos dedicados somente àquela frequência.

Os receptores bolométricos, por sua vez, são sensíveis aos efeitos térmicos e elétricos derivados da variação de temperatura. Os fótons recebidos são diretamente convertidos em calor e o dispositivo sensível à mudança de temperatura, por exemplo, um resistor, terá seu valor modificado de acordo com as características do sinal recebido. Os receptores bolométricos registram apenas a intensidade do sinal, numa faixa muito ampla de frequências. São usados para comprimentos de onda milimétricos e Submilimétricos, resfriados para temperaturas próximas ao zero absoluto. Usados em matrizes de vários receptores no foco da antena, podem realizar fotometria e possuem baixa resolução espectral.

INTERFERÔMETRO: conjunto de dispositivos (antenas, cabos, combinadores, computadores) e técnicas com o propósito de aumentar a resolução dos radiotelescópios. Utilizam-se duas ou mais antenas, que são apontadas para o mesmo objeto de estudo e a combinação dos sinais recebidos forma um padrão de interferência. Com a análise das características do padrão de interferência, é possível criar imagens de alta resolução com base nos incrementos ou anulações dos sinais de rádio. A resolução angular de um único radiotelescópio é dada por (FLAGG, 2005, p. 9-4):

$$\theta = \lambda/D$$

Onde θ é a resolução angular, λ é o comprimento de onda e D o diâmetro da antena, pode haver um fator k que depende de detalhes da iluminação da antena. No caso de observação de Júpiter nos comprimentos de onda decamétricos do *Radio Jove*, o planeta ocupa uma região muito pequena no céu, cerca de 40 segundos de arco e exigiria uma antena com lóbulo muito estreito para uma boa resolução do planeta. Para visualizar Júpiter no comprimento de onda de 15 m do *Radio Jove*, com uma resolução de $0,001^\circ$, a antena deveria ter dimensão de 855.000 m (considerando $k = 57$, com a fórmula $\theta = k\lambda/D$) (FLAGG, 2005, p. 9-4). Seria impraticável construir uma antena tão longa, mas com a interferometria, em tese, seria possível instalar duas antenas separadas pela distância de 855 km e combinar os sinais – com algum link de fibra ótica, por exemplo - preservando sua fase e amplitude e sincronizando-os com alguma referência de precisão, como GPS, por exemplo.

A interferometria deu aos radiotelescópios uma característica que antes era restrita aos telescópios óticos: uma melhor resolução. Com esta técnica, até mesmo os arranjos de radiotelescópios operando em baixas frequências são capazes de produzir imagens de rádio de objetos celestes e os radiotelescópios operando em comprimentos de onda submilimétricos, como o ALMA, com imagens de rádio com resoluções muito maiores. Em função da quantidade de dados coletados com os radiotelescópios, outro elemento a ser considerado é a estrutura para coleta e tratamento dos dados, com uso de computadores ou supercomputadores a depender da quantidade de informações a processar.

CAPÍTULO 3

3 A RADIOASTRONOMIA

Como definir a Radioastronomia? Uma ciência nova, à parte da Astronomia, ou um conjunto de procedimentos e ferramentas que amplia as suas possibilidades? Como seria se tivéssemos a capacidade de observar o Universo através de um prisma que permitisse estratificar nossa percepção para comprimentos de onda maiores que os visíveis, na região do espectro abaixo das radiações infravermelhas? Em uma apresentação – notas de aulas sobre a Radioastronomia, feita pela professora Zulema Abraham, do IAG-USP²⁶, temos que “a Radioastronomia estuda a emissão dos distintos componentes do Universo em ondas de rádio” e que “as ondas de rádio são ondas eletromagnéticas de comprimento grande ou frequência pequena”, quando as comparamos com outras radiações do espectro eletromagnético.

A Radioastronomia “é o estudo das ondas de rádio originadas fora da Terra” (CONDON, RANSOM, 2016, p. 1), numa definição sucinta disponível na publicação *online* do livro “*Essential Radio Astronomy*”, mantida pelo *National Radio Astronomy Observatory* - NRAO²⁷. Não podemos mais destacá-la como propriamente uma novidade, pois já se aproxima o centenário da descoberta de Karl Jansky (1905 - 1950), que a originou, em 1931. E o pioneirismo de Grote Reber (1911 - 2002), com suas antenas e instrumentos artesanais ainda é um marco, inspirando até hoje os radioastrônomos amadores.

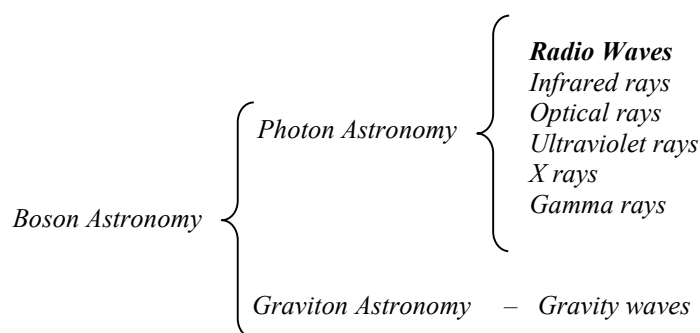
Desde os seus primórdios, a complexidade dos instrumentos e antenas aumentou muito, tornando a Radioastronomia um campo de pesquisas avançadas e com equipamentos que precisam alcançar o estado da arte em termos de sensibilidade, resolução angular e até recepção de comprimentos de onda próximos das radiações Terahertz. Hoje podemos considerar que a Radioastronomia compreende a janela de observação no intervalo de: $\lambda \equiv 30m$ a $\lambda \geq 0,2 \text{ mm}$ (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013. p. 1).

Como vimos, sabe-se que existem diversas janelas de observação através das quais é possível estudarmos o Universo. A janela de rádio é mais uma que compõe o

²⁶ Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – Departamento de Astronomia: <http://www.astro.iag.usp.br/~thais/aga414_files/Radio_10.pdf>.

²⁷ *Essential Radio Astronomy*, disponível em: <<http://www.cv.nrao.edu/course/astr534/PDFnew.shtml>>.

espectro eletromagnético, do qual a luz visível também faz parte. John Daniel Kraus (1910 - 2004), que foi diretor do Rádio Observatório da *Ohio State University*, em seu livro *Radio Astronomy 2nd Edition*, classifica diversas técnicas de observação, para as várias “astronomias” possíveis e já praticadas (*Boson Astronomy; Pneumatic Astronomy; Particle Astronomy; Direct Techniques*). Com a *Boson Astronomy*, o estudo das ondas de rádio (*radio waves*) está assim esquematizado (KRAUS, 2005, p. 1-4):



Para as astronomias do fóton e do gráviton, até o ano de 2017, diversas técnicas de observação já haviam sido empregadas com resultados relevantes para a Ciência, descobrindo-se desde a evidência de planetas em formação ao redor de estrelas distantes, com o radiotelescópio ALMA²⁸, até as ondas gravitacionais com o interferômetro a *laser*, LIGO²⁹ (*The Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*).

Nos primórdios da Radioastronomia, a tecnologia disponível permitia obter baixa sensibilidade dos receptores de rádio utilizados, limitando seu desempenho nas frequências mais altas, o que restringia as medidas a até centenas de MHz. Em frequências mais baixas, a resolução angular era muito limitada e poucas fontes de rádio poderiam ser identificadas como objetos discretos, reconhecidos na mesma região do espectro. Investigações posteriores incrementaram o número de fontes e tornou-se clara a existência de duas famílias de fontes: fontes galácticas concentradas no plano da galáxia, e fontes extragalácticas, distribuídas mais ou menos uniformemente no espaço. Além disso, descobriu-se, em 1965, a radiação cósmica de fundo em micro-ondas, de origem cosmológica (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013, p. 289).

²⁸ Evidência de planetas em formação em jovem sistema: <<http://www.almaobservatory.org/en/press-release/alma-finds-compelling-evidence-for-pair-of-infant-planets-around-young-star/>>.

²⁹ Detecção de ondas gravitacionais pela terceira vez com o LIGO: <<https://www.ligo.caltech.edu/page/press-release-gw170104>>.

A natureza das fontes discretas foi investigada em diferentes faixas de frequências e revelou mais duas famílias de fontes: um tipo em que a densidade de fluxo é quase constante com o aumento da frequência e outro tipo que é mais intenso em frequências mais baixas. Neste segundo tipo, estão, por exemplo, Cassiopéia A, uma remanescente de explosão de supernova. As fontes que apresentam aumento da densidade de fluxo com aumento da frequência puderam ser identificadas com objetos conhecidos também no espectro ótico: a Lua e o Sol são exemplos destes tipos de fontes (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013, p. 289). Como vimos, o mecanismo de emissão das fontes de rádio dos corpos celestes pode ser dividida em duas classes: termais e não termais. Cada uma fornece evidências do que ocorre num objeto em sua complexidade: por exemplo, o estudo do Sol, que pode ser feito desde as emissões de rádio síncrotron até as emissões de raios X.

Contextualizar os atributos e técnicas da Radioastronomia é necessário para evidenciar o que aprendemos e para justificar a sua justaposição aos outros conhecimentos e técnicas da Astronomia: como a descoberta da linha de emissão do hidrogênio, em 21 cm; as baixas temperaturas da Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas (RCFM); os campos magnéticos revelados pelas polarizações das ondas eletromagnéticas em nuvens de gás, onde ocorrem processos síncrotron; pulsares que concentram grande parte da sua energia no domínio do rádio; os efeitos dos campos gravitacionais nas ondas eletromagnéticas com as lentes gravitacionais; a astronomia posicional de objetos extragalácticos; o uso da interferometria; o estudo do meio interestelar e de quasares (BURKE, GRAHAM-SMITH, 2002, p. 341-344).

A Radioastronomia nos apresenta um Universo repleto de fenômenos para os quais ainda é o único recurso tecnológico de que dispomos. É uma camada a mais na realidade que perceberíamos, de outro modo, apenas no espectro do visível. Foi possível esta avaliação a partir das descobertas já mencionadas que conduziram ao reconhecimento da sua importância, o que somente ocorreu algumas décadas depois da descoberta de Jansky, que originou esta ciência. Seu estudo ajudou a caracterizarmos os objetos celestes conhecidos com outros parâmetros e a descortinar outros para os quais nossos sentidos não teriam meios de percepção direta.

3.1 A RADIOASTRONOMIA NO CONTEXTO DE DESCOBERTAS CIENTÍFICAS

Se pensarmos em como a ciência evoluiu poderíamos imaginar que, mais cedo ou mais tarde, como fez Galileu Galilei (1564 - 1642) ao apontar uma luneta para corpos celestes como a Lua e Júpiter, alguém inauguraria uma nova era para a Astronomia. Expandindo seu espectro de observações, montaria uma antena direcionando-a conscientemente para o céu para registrar eventos cósmicos emissores de rádio. De fato, há registro de tentativas de captar ondas de rádio do Sol já em 1890³⁰ numa carta de Kenelly, que trabalhou com Thomas A. Edison, mas ainda não dispunham dos receptores com a sensibilidade necessária para captá-las (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013. p. 333). Quando o registro científico das ondas eletromagnéticas de rádio de origem extraterrestre ocorreu, foi de modo inesperado.

Karl Jansky é o primeiro nome que habitualmente se encontrará na literatura sobre Radioastronomia para estabelecer seu início. Entretanto, para entender o contexto de descobertas científicas que permitiram o desenvolvimento tecnológico favorável ao seu surgimento, seria necessário remontar a muitos acontecimentos da história da ciência que, de algum modo se entrelaçaram ao longo de séculos e resultaram na primeira evidência cientificamente aceita de que certos sinais de rádio, recebidos na Terra, em 1931, eram de fato oriundos do Espaço.

Até que o acúmulo de todo o conhecimento científico possibilitasse a construção de receptores de rádio sensíveis o suficiente para captar os sinais do espaço cósmico, a colaboração de muitos cientistas deve ser reconhecida, compreendendo os estudos da natureza intrínseca da luz até a relação entre eletricidade e magnetismo. Personagens que se destacam: Maxwell, Hertz, Marconi. Posteriormente a Jansky: Grote Reber, Ewen e Purcell, Penzias e Wilson, Jocelyn Bell. Há outros que mencionaremos oportunamente.

Mesmo que por volta de 2000 a. C. já existissem registros em documentos da China de que o magnetismo era conhecido e que os gregos já observavam fenômenos elétricos e magnéticos por volta de 700 a. C. (JEWETT, SERWAY, 2014, p. 4), a compreensão das interações entre campos elétricos e magnéticos levou séculos para ocorrer e deve muito a James Clerk Maxwell (1831-1879).

Antes dele, as pesquisas de Faraday (e também de Joseph Henry (1797-1878)) demonstravam que um campo magnético variável produz um campo elétrico e Maxwell

³⁰ Pré-história da Radioastronomia: <http://www.nrao.edu/whatisra/hist_prehist.shtml#tedison>.

provou que o contrário também é verdade: um campo elétrico variável também dá origem a um campo magnético (JEWETT, SERWAY, 2014, p. 140). Maxwell desenvolveu a teoria do eletromagnetismo, atribuindo à luz e às irradiações para além dos limites da luz visível o caráter de irradiação eletromagnética, “as equações de Maxwell escavaram um túnel para o futuro ao prever a possibilidade da propagação das ondas elétricas no ar” (CAPAZZOLI, 2005, p. 26).

Maxwell deu três provas distintas para a existência de ondas eletromagnéticas, em 1865, 1868 e 1873. A perturbação tem forma dual, consistindo em ondas de força magnética e deslocamento elétrico, com movimentos perpendiculares ao vetor de propagação e perpendiculares entre si (GILLISPIE, 2007, p.1874-1875).

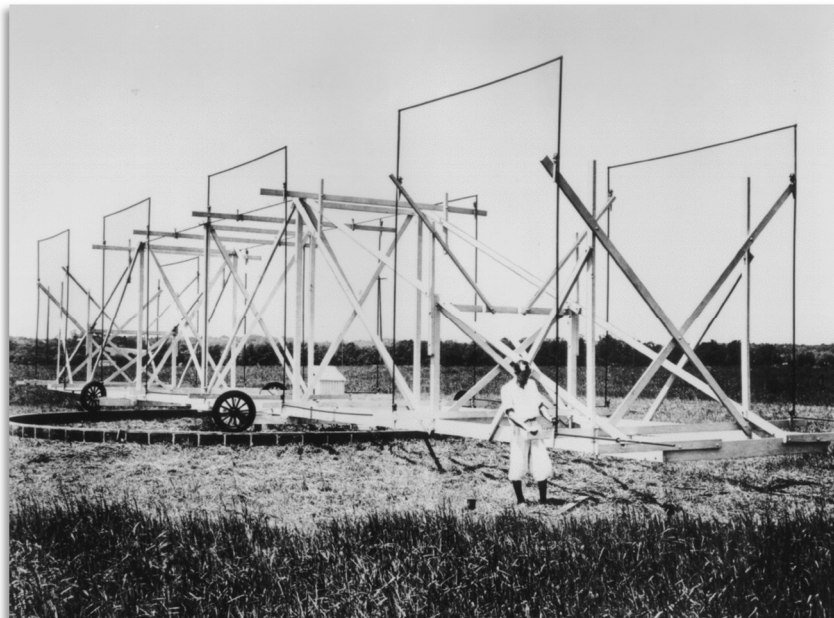
Em 1888, Heinrich Rudolf Hertz elaborou aparatos capazes de emitir e detectar irradiação da mesma natureza que a luz visível, porém com ondas de comprimento muito maiores, com níveis de energia muito mais baixos, estas ondas foram chamadas de ondas “hertzianas” ou de rádio, em sua homenagem. Ele conseguiu demonstrar, na prática, a existência das ondas eletromagnéticas, medir seus comprimentos de onda e em seus experimentos abriu caminho para outros cientistas se interessarem pelo fenômeno.

Foi o que fez, em 1901, Guglielmo Marconi (1874 - 1937), que conseguiu estabelecer comunicação sem fio por distâncias cada vez maiores, chegando a estabelecer contato entre dois pontos separados pelo Oceano Atlântico – um marco para as comunicações radiotelegráficas e para a segurança da navegação. Foi um dos premiados com o Nobel de Física de 1909, juntamente com Karl Ferdinand Braun (1850 - 1918), que também foi importante pesquisador da telegrafia sem fios. Continuou a pesquisar e patentear diversos equipamentos que melhoravam a comunicação sem fio em Ondas Curtas e até mesmo em micro-ondas.

É num contexto de expansão das telecomunicações que, em 1931, Karl Guthe Jansky (1905-1950), fez sua descoberta. Graduado em física pela *University of Wisconsin*, começou a trabalhar na *Bell Telephone Laboratories* em 1928, empresa que pretendia usar as Ondas Curtas para comunicação com transatlânticos. Jansky trabalhava investigando as causas de ruídos que poderiam interferir com as transmissões de voz. Ou seja, esperava-se a construção de antenas que, quando uma fonte de ruído fosse identificada, sua direção pudesse ser evitada, melhorando a relação sinal-ruído do circuito. Em suas pesquisas, utilizou uma antena apelidada de “carrossel de Jansky”

(*Jansky's merry-go-round*), Figura 14, que podia ser girada, permitindo a gravação dos sinais de várias direções do céu.

Figura 14 – Jansky e a antena giratória com a qual descobriu sinais de rádio da Via Láctea



Fonte: <http://www.nrao.edu/whatisra/images/jansky1.gif>

Ele construiu a antena e um receptor ajustados para a frequência de 20,5 MHz (comprimento de onda de 14,5 m), na foto podemos vê-lo ao lado da estrutura. A antena era polarizada verticalmente, com lóbulo unidirecional, com dimensões de 30 m de comprimento e 4 m de altura, montada em quatro rodas, que podiam girar em um suporte circular horizontal, permitindo ajustes do azimute. Um motor síncrono permitia que a estrutura fizesse uma revolução a cada 20 minutos (KRAUS, 2005, p. 1-5).

Após vários meses de pesquisas, com gravações de sinais de diversas direções, ele identificou três tipos de estática: 1) tempestades próximas; 2) tempestades distantes 3) um fraco e persistente ruído de fundo de origem desconhecida. Ele estudou este último tipo de ruído por mais de um ano e percebeu que diariamente o sinal se elevava e diminuía uma vez por dia, o que o fez pensar se tratar de emissão Solar. Mas a fonte do sinal se afastou do Sol e, além disso, sua repetição ocorria não a cada 24 horas, mas a cada 23 horas e 56 minutos, que é característica do período das estrelas fixas e outros objetos mais distantes do que o Sistema Solar. Finalmente, ele descobriu que a radiação

vinha da Via Láctea³¹ e sua intensidade era mais forte na direção do centro da nossa galáxia, na constelação de Sagitário.

Sua descoberta obteve ampla publicidade, inclusive no jornal *New York Times*, em 05 de Maio de 1933, com a matéria "*New Radio Waves Traced to Centre of the Milky Way*"³². Ele tinha intenção de construir um radiotelescópio de 30 m de diâmetro, mas a *Bell Labs* já havia considerado que o sinal da estática não seria um problema para as comunicações transatlânticas e ele não levou adiante suas pesquisas. Deve-se lembrar também de que, na época da descoberta, o mundo ainda se ressentia da grande depressão econômica de 1929.

Grote Reber (1911 - 2002) foi outro personagem importante para o surgimento da Radioastronomia. Ele construiu uma antena para detectar ondas de rádio vindas do espaço, no terreno de sua própria casa, mapeando regiões do céu em diferentes faixas de frequências. Trabalhou nisso durante anos, elaborou o primeiro mapa de rádio da Via Láctea, confirmou emissões em Sagitário, "localizou picos menores em Cygnus e Cassiopéia. Essas foram as primeiras radio fontes da história da radioastronomia" (CAPOZZOLI, 2005, p. 42).

O endereço eletrônico do *National Radio Astronomy Observatory* (NRAO) dedica a outro cientista um papel relevante na Radioastronomia: John Daniel Kraus³³ (1910 - 2004). Ele fundou e dirigiu o *Ohio State-Ohio Wesleyan Radio Observatory*, montou com seus estudantes um conjunto de 96 antenas em 1953, para 250 MHz, e depois desenhou e construiu o radiotelescópio "*Big Ear*", concluído em 1965 e demolido em 1998, para dar lugar a um campo de golfe. Este radiotelescópio tornou-se célebre pela captação do sinal "*Wow!*"³⁴, que gerou especulações por muitos se era oriundo de outra civilização extraterrestre. Kraus escreveu um dos livros que é considerado a "bíblia" da Radioastronomia: *Radio Astronomy*.

Após a Segunda Guerra Mundial, desenvolvimentos nos receptores dos radares repercutiram na construção de equipamentos mais sensíveis operando em frequências mais altas. A Radioastronomia deixa de ser uma atividade isolada de pioneiros, assegura um lugar no meio acadêmico e começa a ser possível o incremento de investimentos na construção de grandes radiotelescópios, que se espalham em diversos países, com os

³¹ Karl Jansky and the Discovery of Cosmic Radio Waves, disponível em: <http://www.nrao.edu/whatisra/hist_jansky.shtml>.

³² O jornal relembra a publicação em outra matéria: <<http://www.nytimes.com/1998/06/09/nyregion/commemorating-a-discovery-in-radio-astronomy.html>>

³³ Biografia disponível em: <<http://www.nrao.edu/archives/Kraus/kraus.shtml>>. 12/07/2017.

³⁴ Sobre o sinal "Wow!": <<http://www.bigear.org/wowmenu.htm>>.

mais variados projetos. Traçar a história da Radioastronomia, então, tornou-se um empreendimento mais complexo.

A União Internacional de Astronomia (*International Astronomical Union* - IAU) fundou em 2003 o Grupo de Trabalho Histórico da Radioastronomia³⁵, com o objetivo de “reunir cientistas e engenheiros que realizam pesquisas observacionais e teóricas em Radioastronomia e que desenvolvem e operam as instalações terrestres e espaciais que são usadas para explorar o Universo em comprimentos de ondas de rádio”. Em sua página na Internet³⁶, mantém biografias e bibliografias referentes às publicações históricas da Radioastronomia.

Para aprofundar a pesquisa, recomendamos uma publicação disponível no *National Radio Astronomy Observatory* (NRAO) com a bibliografia de artigos relevantes para a história da Radioastronomia, em ordem cronológica (e alfabética). É uma fonte de pesquisa importante para os estudos da matéria. A compilação compreende o período de 1898 a 1983. Realizada pela bibliotecária Sarah Stevens-Rayburn³⁷, ela nos lembra de que “a história da Radioastronomia, seja ela iniciada com os experimentos de Hertz, ou o de Lodge, ou Jansky, é de fascínio e serendipidade [descobertas inesperadas, aparentemente ao acaso]”. Assim, o primeiro artigo do estudo de Sarah Stevens-Rayburn é de 1896, com Wilsing e Scheiner tentando detectar radiação eletromagnética do Sol e o último é um artigo de Kraus, sobre os 50 primeiros anos da Radioastronomia.

Decorrente da pesquisa de Jansky, uma das primeiras grandes descobertas com o advento da Radioastronomia foi a de que poderíamos expandir nossa janela de observação cósmica: de uma para duas grandes brechas que nossa atmosfera possui para as faixas do espectro ótico e de rádio. Em termos comparativos, Kraus (2005, p. 1-0) mostra que a janela ótica se estende de 0,4 a 0,8 micra, enquanto a janela de rádio é muito mais ampla, de 1 cm a 10 m (estes limites podem ser um pouco maiores, de acordo com a fonte bibliográfica pesquisada), cerca de 10 oitavas. Esta vasta região do espectro é explorada há décadas, e tem revelado algumas descobertas marcantes, resumimos algumas no Quadro 6:

³⁵ B4 – Comission B4 Radio Astronomy - <https://www.iau.org/science/scientific_bodies/commissions/B4/>.

³⁶ IAU Historic Radio Astronomy Working Group. Disponível em <<http://rahist.nrao.edu/>>.

³⁷ The History of Radio Astronomy: A Bibliography, disponível em <http://rahist.nrao.edu/History_of_Radio_Astronomy_Bibliography.pdf>.

Fonte: adaptado de ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013, p. 5

Descobertas relevantes
A intensidade da radiação estendida da Via Láctea excede a do Sol quando este se encontra em período de baixa atividade;
A radiação medida por Jansky era de natureza síncrotron;
O Sol em período de atividade intensa causa interferência nos radares, sendo possível alguma associação com as manchas solares;
Existem fontes de rádio cósmicas discretas, remanescentes de supernovas e de rádio galáxias;
Descoberta da linha de emissão do hidrogênio atômico em rádio, no comprimento de onda de 21 cm;
Descoberta dos sinais de rádio emitidos por Júpiter (p. 337)
Descoberta dos Quasares, intensas emissões de rádio de fontes muito distantes;
Descoberta da radiação cósmica de fundo em micro-ondas (RCFM), evidência do Big Bang;
Descoberta das moléculas no espaço interestelar e sua relação com formação estelar;
Descoberta dos Pulsares, associando-os às estrelas de nêutrons;
Determinação de distâncias com “movimentos adequados de determinadas fontes a partir de interferometria de linha de base muito longa”;
Efeito Sunayev-Zeldovich (SZE), distorções na RCFM por aglomerados de galáxias;
Lentes gravitacionais;
Moléculas presentes em fontes de alto desvio para o vermelho.

Quadro 6 – Algumas descobertas significativas da Radioastronomia

Também podemos considerar que as emissões da Via-Láctea na faixa de 14,6 m (20,5 MHz) estabeleceram um limite prático para as tentativas de redução de ruídos e interferências em Ondas Curtas, que eram importantes para as telecomunicações no começo do século XX, o limite foi proposto por Jansky (KRAUS, 2005, p. 1-8).

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

Após a Segunda Guerra Mundial, começa a era de construção dos grandes radiotelescópios e o recrudescimento da pesquisa, o que favoreceu novas descobertas. Cygnus A – em 1946, primeira região do céu a ser identificada como fonte de emissão

de rádio originária em região de pequena extensão angular, e posteriormente (1951) como uma intensa fonte de rádio, da ordem de 10^{38} Watts, distante cerca de 600 milhões de anos-luz. (KRAUS, 2005, p. 1-12-13).

A Nebulosa do Caranguejo (*Crab Nebula*) – em 1948, foi o primeiro objeto visível, além do Sol, a ser identificado por também emitir ondas de rádio. (KRAUS, 2005, p. 1-13). Júpiter e Io – descobertos na faixa de rádio em 1955, por Bernard Burke e Kenneth Franklin, na faixa de 22 MHz, mas posteriormente o sistema planetário também foi detectado na faixa de 3 cm, com característica de emissão termal nesta frequência, correspondendo à temperatura de 140 K (KRAUS, 2005, p. 8-61), possibilitando estudos das emissões ciclotron e síncrotron. Com os radiotelescópios, foi possível definir melhorias nas medições do período de rotação do planeta Júpiter.

Descoberta da linha de emissão do hidrogênio, no meio interestelar (teorizada em 1944 por Hendrick Van de Hulst), em 1951, por Ewen e Purcell, na Universidade de Harvard, também detectada por outros astrônomos, como Miller e Oort, que resultaram no mapeamento da estrutura da nossa própria galáxia (KRAUS, 2005, p. 1-11). Detecção de linhas de emissão molecular, no meio interestelar – feitas a partir de 1957, confirmadas desde então, inicialmente com linhas do OH, nas faixas de 1612, 1665, 1667 e 1720 MHz, posteriormente confirmando-se um vasto repertório de emissões de outras moléculas (KRAUS, 2005, p. 8-101-111).

Medições do núcleo da Via Láctea – em diversos comprimentos de ondas de rádio, dando suporte à teoria da existência de um objeto massivo que colapsou, ou um Buraco Negro no centro da galáxia (KRAUS, 2005, p. 8-114). Em 1965, Arno Penzias e Robert Wilson, deram sua contribuição com a Radioastronomia, descobrindo a Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas - RCFM, que suporta a Teoria do *Big Bang*. Pulsares – descobertos em 1967, Jocelyn Bell Burnell e o professor Antony Hewish, na faixa de 82 MHz (KRAUS, 2005, p. 9-1).

Para que estas e outras descobertas se concretizassem, utilizando sinais de rádio, foram empregados conhecimentos que remetem primeiro ao entendimento da natureza das ondas eletromagnéticas, a partir deste conceito mais amplo, outros são incorporados para especificar cada pormenor a ser investigado, compondo o contexto mais abrangente, fornecendo elementos com os quais se estudam aspectos mais específicos.

3.2 RADIOFONTES E OS PRODUTOS EDUCACIONAIS: SOL, JÚPITER, PULSARES E A RCFM

Inúmeros objetos celestes podem ser analisados com os recursos da Radioastronomia. Informações a respeito destes estudos são publicadas na Internet e na literatura especializada, algumas das quais foram referências desta dissertação. Detalhá-los tornaria o trabalho extenso, ainda assim, algumas radiofontes são destacadas por serem temáticas associadas a quatro Produtos Educacionais: o Simulador de Io-Júpiter, o Simulador de Pulsar, Radiotelescópio com Antena Banda Ku e o Simulador RCFM: cujas radiofontes são Io e Júpiter, os pulsares, o Sol, a RCFM, respectivamente. Informações adicionais compõem o Roteiro dos Produtos Educacionais (Apêndice) e o sítio *www.radioastronomia.pro.br*.

3.2.1 O Sol

É a estrela mais próxima da Terra, a uma distância de aproximadamente 150 milhões de quilômetros (1 AU, *Astronomical Unit*, Unidade Astronômica), com cerca de 1,4 milhão de quilômetros de diâmetro, de modo que a luz e outras radiações eletromagnéticas demoram cerca de oito minutos para percorrê-la. Compreender o que ocorre no Sol é uma oportunidade de ter um astro de referência no estudo de estrelas, comparando-o com outras da mesma classe à qual pertence: a das estrelas anãs amarelas na sequência principal – classificada como G2V (KRAUS, 2005, p. 8-35). Por estar mais próximo de nós, podemos detalhar estruturas como a fotosfera, a atmosfera solar, onde a corona se estende muito além da superfície da estrela e é visível, por exemplo, nos eventos de eclipse total do Sol pela Lua.

Na sua composição, encontramos uma mistura de gases em alta temperatura, principalmente o hidrogênio que, no processo de fusão, libera imensas quantidades de energia e forma hélio. A corona solar é aparentemente muito maior quando observada em radiofrequência (KRAUS, 2005, p. 8-35). Visto da Terra, o Sol tem diâmetro angular de aproximadamente $0,5^\circ$, que é o mesmo diâmetro angular da Lua e, por ocasião dos eclipses, observações óticas da corona são favorecidas. Observações de rádio também são organizadas com vários participantes, valendo-se da Radioastronomia

amadora como ocorreu com o *Radio Jove*, na faixa de HF (20 MHz), por exemplo, para observar o eclipse total do Sol de 21/08/2017³⁸, observado nos Estados Unidos.

Mesmo o Sol estando separado de nós por milhões de quilômetros, a Terra tem a envoltória do seu campo magnético deformada pelas emissões solares ao tempo em que este mesmo campo interage com as partículas carregadas, oriundas do vento solar. Nossa magnetosfera, assim como nossa atmosfera, nos protege da radiação ultravioleta e dos raios X. Há emissões solares denominadas “*solar flares*”, ou erupções solares, que, a depender da intensidade e de se atingiram diretamente a Terra, podem vencer as proteções naturais da atmosfera e do campo magnético e provocar distúrbios eletromagnéticos intensos, causando prejuízos nas redes de distribuição elétrica e nos satélites artificiais.

Estes fenômenos são estudados na Radioastronomia, dentre outros motivos, para compreendermos a previsibilidade e os ciclos das atividades solares. Busca-se também uma relação com as manchas solares que possuem temperaturas menores que a da fotosfera circundante e são regiões de intensos campos magnéticos. Observações históricas revelam-nos que o Sol possui ciclo de atividades, mínima e máxima, separadas por 11,2 anos, em média e, a estes ciclos estão associadas emissões mínimas e máximas de rádio (FLAGG, 2005, p. 5-2).

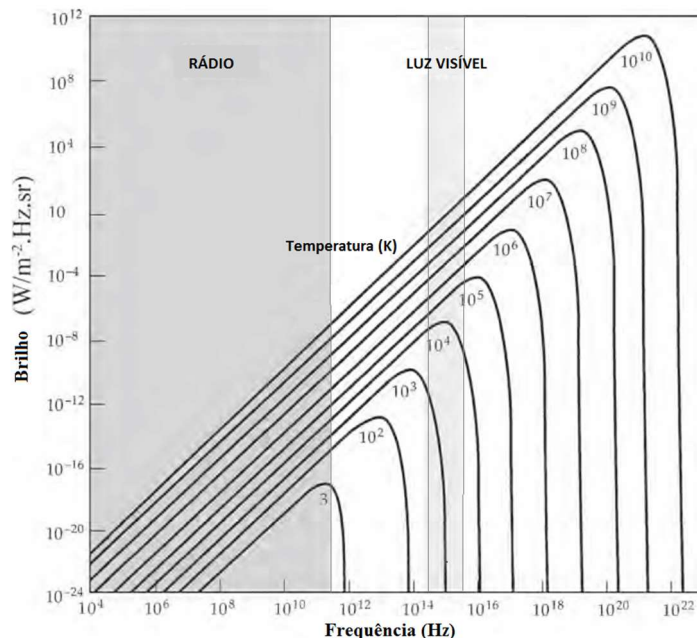
Como uma fonte de emissão de energia, considerando o espectro eletromagnético, o Sol pode ser caracterizado como um corpo negro. Como se sabe, estrelas frias exibem seu pico de radiação na região do infravermelho, estrelas mais quentes, como o Sol, têm seu pico na região do visível, na temperatura de aproximadamente 6000° K, ilustrada na Figura 15, conforme curva de Planck. Ressalta-se que as estrelas comuns, como o Sol, não são caracterizadas por emitirem muita energia na faixa de rádio, como se nota nas curvas. Ainda assim, as propriedades do Sol, na emissão de frequências de rádio, são relevantes para nós por conta da sua proximidade e porque estes estudos fornecem valiosas informações do que ocorre numa estrela.

Esta característica típica de um corpo negro é uma idealização. Devemos lembrar que, em atividade, o Sol já não se comporta como um corpo negro. Além disso, quando em período de baixa atividade, o Sol emite muito pouca energia na faixa de rádio em HF, utilizada nos estudos pelo radiotelescópio experimental *Radio Jove*, por exemplo. Deve-se considerar também que os mecanismos de emissão de rádio na faixa

³⁸ *Radio Jove Plans for the Solar Eclipse*: <<https://radiojove.gsfc.nasa.gov/eclipse2017.html>>.

HF não são produzidos por processos termais (LASHLEY, 2010, p. 15) como o espectro do corpo negro.

Figura 15 – Emissões eletromagnéticas do Sol



Fonte: adaptada de LASHLEY, 2010, p. 7

Desde que Hertz demonstrou a existência das ondas de rádio, pesquisadores tentaram captar emissões do Sol, mas os equipamentos do final do século XIX não tinham a sensibilidade necessária. Ressaltamos que quando Jansky descobriu emissões da Via Láctea, o Sol estava num período de pouca atividade (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013, p. 334).

Outros radiotelescópios dedicados ao Sol: *Nobeyama Radioheliograph*, operando no Japão, o *Chinese Spectral Radioheliograph*, na China. Radiotelescópios que também deverão contribuir nestas pesquisas, o *Square Kilometer Array – SKA*³⁹, quando estiver operacional na África do Sul e Austrália; o *Low Frequency Array - LOFAR*⁴⁰, operando no norte da Holanda, e com previsão de construção em outras regiões da Europa. O esforço conjunto de diversas instituições para coordenar as observações de eventos solares é necessário em função da imensa quantidade de dados que serão coletados exigindo avanços em campos como a área de análise de dados (*Big Data*) e a interligação entre as diversas antenas. No Brasil, pesquisas foram realizadas

³⁹ SKA - <<https://www.skatelescope.org/>>.

⁴⁰ LOFAR - <<https://www.astron.nl/lofar-telescope/lofar-telescope>>.

com o *Brazilian Decimetric Array* – BDA⁴¹, originalmente concebido para possuir 38 antenas, operando em frequências na faixa de 1,6 a 6 GHz. O protótipo construído possui cinco antenas, com linha de base leste-oeste e 220 m de comprimento, em 1,2 – 1,7 GHz.

Para os Produtos Educacionais aqui propostos, o Sol é objeto de estudo do Radiotelescópio Banda Ku (11/14 GHz), cuja antena, projetada para recepção de sinais de satélite, é capaz de captar as emissões de rádio de origem térmica da estrela. O *Radio Jove*, apesar de não ser um Produto Educacional desenvolvido neste Projeto, foi utilizado em diversas sessões de observação em campo e em eventos de divulgação científica, nas oficinas. É um receptor capaz de captar emissões do Sol, de frequência mais baixa, na faixa de 20 MHz, de origem não térmica.

3.2.2 Júpiter

Em 1955, Bernard Burke e Kenneth Franklin detectaram flutuações inesperadas nos níveis de ruído de rádio em torno de 22,2 MHz, em 10 das 31 observações noturnas realizadas. Eles estavam testando uma antena muito diretiva, do tipo “Mills’ Cross”, composta por diversos dipolos, no formato de imenso X. Na antena, cada segmento do X era composto por 64 dipolos. Similares aos dipolos usados no *Radio Jove Project*, eram conectados de modo que, em conjunto, formavam um único instrumento. Para determinar para que parte do céu apontava o lóbulo principal de 2,5° da antena⁴², os comprimentos dos cabos eram ajustados. Eles fizeram com que a antena apontasse diretamente para a vertical e a rotação da Terra faria a varredura daquela faixa de céu (GARCIA, 2001, p. 1-5).

Quando Burke e Franklin testaram sua antena, eles esperavam captar sinais da Nebulosa do Caranguejo, na Constelação de Touro, pois já se sabia, à época, que era uma das muitas fontes de rádio no céu. Mas além da nebulosa, a origem do ruído inesperado não foi imediatamente identificada. A princípio, o sinal parecia alguma interferência local, do tipo ignição de motor, algo não muito difícil de ocorrer na faixa de 22 MHz. Após vários meses de observações, relacionaram as coordenadas celestes de todos os eventos e Júpiter sempre estava na posição do céu coincidente com o lóbulo da

⁴¹ BDA: <<http://www.das.inpe.br/fmi/bda/index.html>>.

⁴² Em artigo publicado no *The Astronomical Journal*, de 1959, K. L. Franklin relata como foi a descoberta de Júpiter, com Bernard Burke: <http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?1959AJ.....64...37F&defaultprint=YES&filetype=.pdf>.

antena. Esta foi a primeira evidência da existência de emissões de rádio oriundas de outro planeta. (FLAGG, 2005, p. 1-1).

A posição da fonte de ruído coincidia com a mesma de Júpiter e observações posteriores confirmaram que Júpiter é, de fato, uma intensa, esporádica, fonte de emissões decamétricas, irradiando radiofrequências com polarizações circulares ou elípticas. As emissões equivalentes pelo mecanismo do corpo negro, na frequência estudada por eles, seriam muito elevadas, para admitir emissão de origem termal, além disso, as emissões de origem térmicas não são polarizadas. Ainda assim as emissões térmicas de Júpiter também foram detectadas (1958) nos comprimentos de onda de 3 cm. Outras medições corroboraram as características condizentes com mecanismos de emissão de origem térmica para comprimentos de onda menores e emissões não-termais, para comprimentos de onda maiores (KRAUS, 2005, p. 8-61).

Observações das emissões decamétricas de Júpiter demonstraram o limite superior de 40,5 MHz. O limite inferior, medido da Terra, é dado pelas condições de opacidade da ionosfera, entre 3 e 15 MHz, mas as emissões de rádio de Júpiter vão de 10 kHz a 300 GHz (LASHLEY, 2010, p. 20). Descobriu-se que o satélite natural Io exerce um papel importante nas irradiações percebidas na Terra, relacionadas com o período de rotação de Júpiter e a posição orbital das fases de Io. As probabilidades de captação das emissões de rádio, na faixa de 22 MHz, em função da longitude, foram classificadas como regiões 1, 2 e 3, também conhecidas como B, A e C, respectivamente. Análises estatísticas (1964) revelaram as características das emissões e ajudaram a programar sessões de observação futuras, Quadro 7.

Fonte: FLAGG, 2005, p. 1-2

Fonte	CML	Fase de Io
Io-A	200-290	195-265
Não-Io-A	200-290	
Io-B	090-200	075-105
Não-Io-B	200-290	
Io-C	290-010	225-250
Não-Io-C	200-290	

Quadro 7 - Regiões de emissão Io e Não-Io

A posição da CML – *Central Meridian Longitude* - é definida pelo sistema de coordenadas de Júpiter, associada às medições que foram realizadas que estabeleceram o período de rotação do planeta. Também conhecido como Sistema III (*System III*), está relacionado à rotação do campo magnético de Júpiter e não ao tempo de rotação associado às nuvens visíveis do planeta (FLAGG, 2005, p. 1-2). Este sistema de coordenadas é baseado nas medições da magnetosfera do planeta.

O satélite natural Io, o mais próximo ao gigante gasoso, é um dos satélites galileanos (assim como Europa, Ganimedes, Calisto), está sujeito à intensa força gravitacional de Júpiter, que distorce sua forma e aquece o interior do satélite, promovendo atividade vulcânica frequente. Estas erupções ejetam átomos de enxofre, sódio, oxigênio, na superfície da lua e para o espaço circundante, onde são ionizados, formando uma tênue nuvem de gás ao redor da órbita de Io (FLAGG, 2005, p. 1-1). A interação destas partículas carregadas com o intenso campo magnético de Júpiter é um dos responsáveis pelas emissões de rádio.

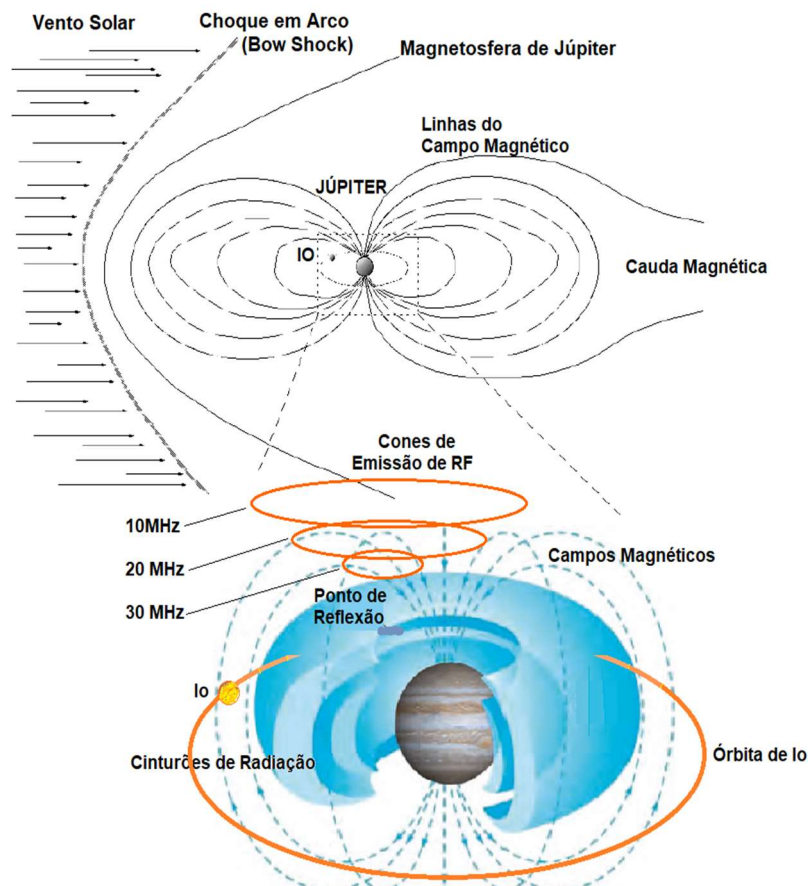
Os sinais de rádio são tão intensos que podem ser captados na Terra com receptores de Ondas Curtas munidos de antenas relativamente pequenas, os radiotelescópios experimentais. As emissões decamétricas características de Júpiter foram classificadas em dois tipos, também identificáveis pelos ruídos sonoros: “L-Bursts” e “S-Bursts”. O primeiro tipo caracterizado por se assemelhar ao som de ondas do mar quebrando numa praia e o segundo tipo mais parecido com o som de pipocas estourando. As emissões não ocorrem de modo contínuo, mas intermitente compondo-se de L e S-Bursts (FLAGG, 2005, p. 1-1).

Estudos das emissões de rádio de Júpiter correlatas com os mecanismos de emissão de rádio do tipo MASER (*Microwave Amplifier by the Stimulated Emission of Radiation*) estão com renovado interesse pela comunidade científica e alguns fatores são: as emissões de Júpiter, se melhor compreendidas, podem ser fonte de comparação com o comportamento de planetas gigantes fora do Sistema Solar, que venham a emitir sinais semelhantes. Com o aperfeiçoamento de técnicas de Radioastronomia, pode-se desenvolver uma forma de detectar objetos semelhantes a Júpiter orbitando outras estrelas. (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013, p. 337). Outro fator, a sonda Espacial JUNO⁴³, em órbita desde 2016, para o estudo da estrutura do planeta, possui instrumentos capazes de detectar as emissões magnéticas e eletromagnéticas e, mesmo

⁴³ JUNO: <https://www.nasa.gov/mission_pages/juno/main/index.html>.

ainda sem ter concluído sua coleta de dados, já há artigos publicados que abordam aspectos das emissões de rádio de Júpiter (em especial as decamétricas).

Figura 16 – Um mecanismo de emissão de rádio em Júpiter, com interação de Io e a magnetosfera do planeta



Fonte: Adaptado de MILLER, 1998, p. 55 e LASHLEY, 2010, p. 61

A magnetosfera de Júpiter é dividida em três zonas: interior, central e exterior. A central estende-se 6 a 50 raios e a exterior pode chegar próxima a Saturno, em função da pressão do vento solar. A magnetosfera interior estende-se até cerca de seis raios de Júpiter, região com predominância do forte campo magnético gerado no interior do planeta. Medições do campo magnético pelas sondas Voyager 1 e 2 revelaram assimetria nos valores: de 14 Gauss no polo norte e 10,4 Gauss no polo sul. Pelo sistema de longitude III, o campo magnético é inclinado cerca de 10° . A magnetosfera interior é composta por partículas carregadas presas nas linhas de campo magnético do planeta (LASHLEY, 2010, P. 17-18), formando o cinturão de radiação, composto também pelas partículas carregadas emitidas por Io, Figura 16.

À medida que as partículas movem-se em direção ao planeta, o campo magnético fica mais intenso e a velocidade com que os elétrons circulam as linhas de

campo aumenta. Com o aumento da frequência de rotação, a velocidade ao longo das linhas de campo diminui. Ao atingir o ponto de reflexão, as partículas cessam de se movimentar em direção ao planeta e são refletidas de volta, eventualmente atingindo o ponto de reflexão do hemisfério oposto do planeta e repetindo o processo (FLAGG, 2005, p. 1-9), Figura 16.

As frequências de rádio associadas às movimentações de partículas com velocidades não relativísticas são próximas ou iguais à frequência de rotação ciclotron. Para as partículas com velocidades relativísticas, a frequência de rádio também ocorre em harmônicos mais altos. O padrão de radiação tem o formato cônico, com paredes estreitas e as emissões são polarizadas circular ou elipticamente. Esta região interior é a responsável pelas emissões decamétricas do planeta que são influenciadas pela presença do satélite Io (LASHLEY, 2010, P. 18-19). Nota-se também que as frequências mais altas são geradas próximas ao planeta e as mais baixas, mais longe dele. No Quadro 8, o resumo das emissões de Júpiter:

Fonte: Adaptado de PHILIPPE ZARKA, *Radio Emissions in the Solar system and from Extrasolar Planets*

Nomenclatura	Comprimento de Onda	Exemplo
KOM	Quilométrico	Emissões aurorais
HOM	Hectométrico	Emissões ciclotron
DAM	Decamétrico	Emissões aurorais e associadas a Io
DIM	Centimétrico	Emissões síncrotron
Emissões térmicas	Milimétrico	Disco do planeta

Quadro 8 – Resumo das emissões de rádio típicas de Júpiter

Com o Produto Educacional Simulador de Io-Júpiter, os estudantes poderão, associando aos conteúdos da Física, conhecer como é realizada a pesquisa radioastronômica, com noções dos mecanismos de emissão e entender a pesquisa que visa desvendar os segredos dos planetas gigantes no Sistema Solar e começa até mesmo a enveredar para a busca de exoplanetas.

3.2.3 Pulsares

Logo após a descoberta dos pulsares, o astrônomo austríaco Thomas Gold⁴⁴ (1920 - 2004) propôs que tais objetos celestes seriam estrelas de nêutrons, corpos muito compactos, densos, com massa superior à do Sol. Corpos extremos, com raio na casa das dezenas de quilômetros, o que comprime os átomos, até que seus elétrons se unam aos prótons formando nêutrons. Os pulsares também se caracterizam por possuírem campo magnético extremamente forte. O conceito das estrelas de nêutrons, por sua vez, foi teorizado inicialmente por Baade e Zwicky, em 1934.

Pulsares são corpos celestes cuja existência foi descoberta graças ao advento da Radioastronomia. As técnicas ainda eram relativamente incipientes, no ano de 1967, mas seus recursos permitiram à pesquisadora Jocelyn Bell Burnell (1943) detectar uma fonte de radiação eletromagnética, composta por pulsos de curta duração, extremamente regulares.

Cerca de nove anos após a descoberta, Jocelyn Bell, em uma palestra no *Eighth Texas Symposium on Relativistic Astrophysics*, que também foi publicado em *Annals of the New York Academy of Science*, e reproduzido no portal do BIG EAR⁴⁵, explicou como a descoberta ocorreu, em meio à pesquisa que investigava a influência de partículas carregadas, como as do vento solar, que fazem as ondas de rádio cintilarem, ou parecerem flutuar em amplitude. Efeito semelhante à cintilação que a atmosfera terrestre provoca na luz das estrelas que vemos à noite. No relato, ela menciona seu trabalho de operar o funcionamento do radiotelescópio e analisar os dados, que eram impressos em papel e como, após analisar centenas de metros de folhas de gráfico, já estava familiarizada com as diversas emissões típicas e pôde diferenciar os ruídos de origem terrestre daqueles das emissões cósmicas. Assim, percebeu pulsos de curta duração, espaçados cerca de $1 \frac{1}{3}$ s, na ascensão reta 1919 (pulsar CP1919).

Os sinais eram de regularidade espantosa e, em seu relato, quando Jocelyn Bell mostrou os gráficos ao seu orientador, Antony Hewish (1924), ele atribuiu sua origem à atividade humana. Ao examinar os sinais no observatório, no entanto, percebeu que seguiam o movimento sideral. Descartaram reflexão de radares na Lua, satélites em

⁴⁴ Mais informações sobre o astrônomo: < <http://physicsworld.com/cws/article/news/2004/jun/23/thomas-gold-1920-to-2004> >.

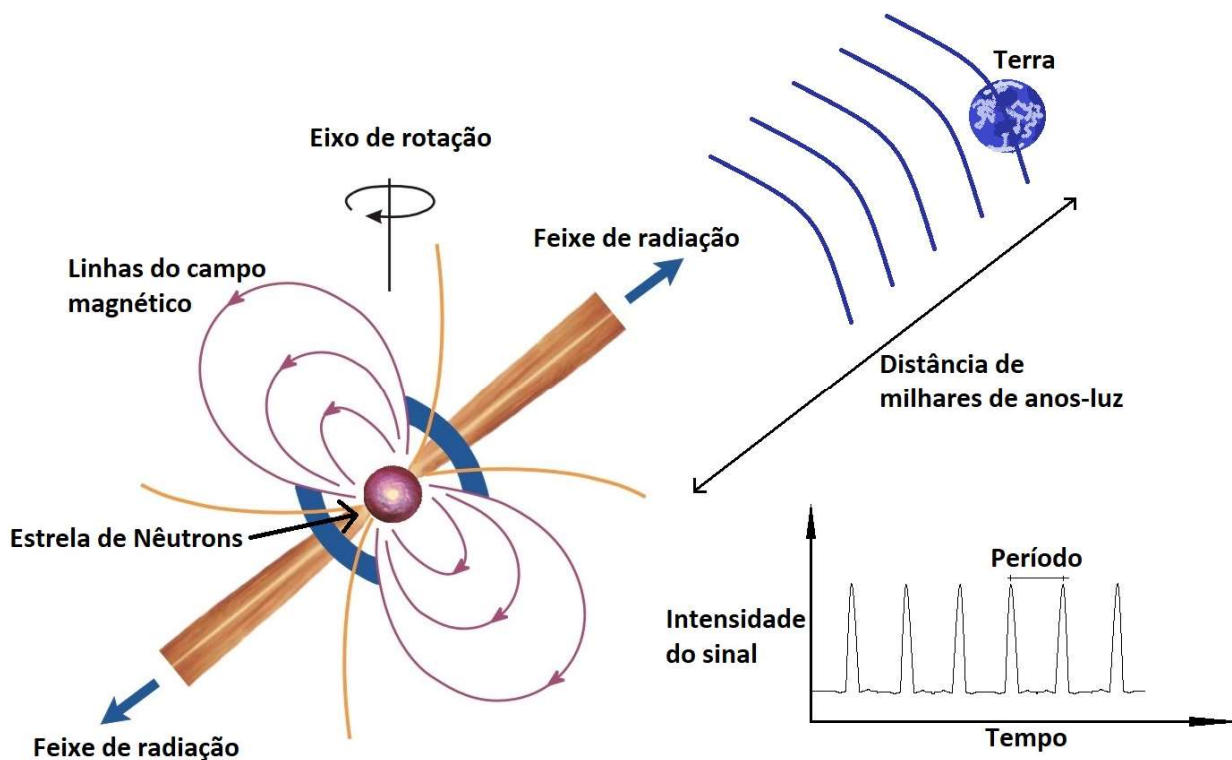
⁴⁵ Palestra de Jocelyn Bell Burnell Little Green Men, White Dwarfs or Pulsars? Big Ear: <<http://www.bigear.org/vol1no1/burnell.htm>>.

órbitas peculiares e até a influência de um grande edifício com cobertura de metal nas proximidades das antenas.

As pulsações também foram captadas em outra antena, descartando problemas no equipamento. Houve então especulação de serem sinais de outra civilização, em função de serem pulsos tão regulares, que pareciam sinais artificialmente irradiados, mas os pesquisadores logo descartaram a hipótese quando outros três pulsares foram descobertos em outras regiões do céu, por Jocelyn Bell.

A descoberta foi feita em 1967, o artigo foi publicado em 1968, na revista científica *Nature*: “*Observation of a rapidly pulsating radio source*”. A frequência de observação foi de 81,5 MHz, realizada no *Mullard Radio Astronomy Observatory*, na Inglaterra. Constituído por 2048 antenas tipo dipolo de onda completa, arranjadas em 16 linhas de 128 elementos. Cada linha, medindo 470 m no sentido leste-oeste, e 45 m no sentido norte-sul. Variações na amplitude dos pulsos, bem como na frequência, apesar de sua regularidade, foram relatadas. Calcularam limites de distância da fonte (mínimo de 10^3 AU e máximo de 65 parsec) e também do seu tamanho (máximo de $4,8 \times 10^3$ km). Além disso, indicaram que sua origem poderia ser de remanescente de supernova, uma estrela de nêutrons (HEWISH, A. et. Al, 1968, p. 709-712).

Figura 17 – Estrutura básica de um pulsar, com a inclinação do eixo do campo magnético em relação ao eixo de rotação



Fonte: adaptado de <http://www.nrao.edu/pr/2003/pulsaremission/pulsardiagram.jpg>

Do ponto de vista da Terra, o que se observa são pulsos em radiofrequência: as características destes pulsos podem indicar em que sentido o pulsar se move, por exemplo, se estiver no sentido da Terra, o intervalo entre dois pulsos será menor do que quando estiver se movendo no sentido que se afasta da Terra (Figura 17). Também é possível identificar se há planetas orbitando o pulsar, devido à alta precisão dos pulsos, mas estas medidas devem considerar e corrigir os próprios movimentos da Terra e dos outros corpos do Sistema Solar, dependendo da precisão que se deseja medir.

Para a observação dos pulsares são necessários radiotelescópios sensíveis e técnicas de integração dos sinais e dos pulsos de curta duração. Os pulsos poderão ser observados se o pulsar estiver direcionado de tal modo que durante sua rotação o feixe emitido nas proximidades dos polos nos atinja. As informações aqui apresentadas subsidiam o desenvolvimento do Produto Educacional Simulador de Pulsar, com o qual os estudantes poderão ter noções do processo de evolução estelar e lidar com aspectos do eletromagnetismo.

3.2.4 Radiação cósmica de fundo em micro-ondas – RCFM

A RCFM foi prevista no final dos anos 1940, por Gamow e outros colaboradores que estudavam os elementos químicos e o estado da matéria primordial que deveria ter sido muito mais densa e quente. Calcularam que, no presente, a temperatura remanescente daquela radiação deveria ainda ser captada e estar na ordem de 5° K (VILLELA, FERREIRA, WUENSCHÉ, 2004, p. 106). Foram dois físicos da *Bell Labs*, Penzias e Wilson que, testando uma antena para comunicação com satélite, descobriram o ruído da RCFM, com seu receptor, na faixa de 4 GHz.

Os sinais que foram descobertos por Penzias e Wilson, em 1964, e os estudos posteriores, com as sondas espaciais COBE⁴⁶, WMAP⁴⁷ e PLANCK⁴⁸ permitiram detalhar as características das emissões de fótons do universo primordial que hoje podem ser observadas em micro-ondas, devido ao efeito Doppler. Os sinais captados são uma relíquia dos primeiros momentos do Universo, permitindo-nos observar o evento ocorrido, estima-se, 380.000 anos após o *Big Bang*, Figura 18.

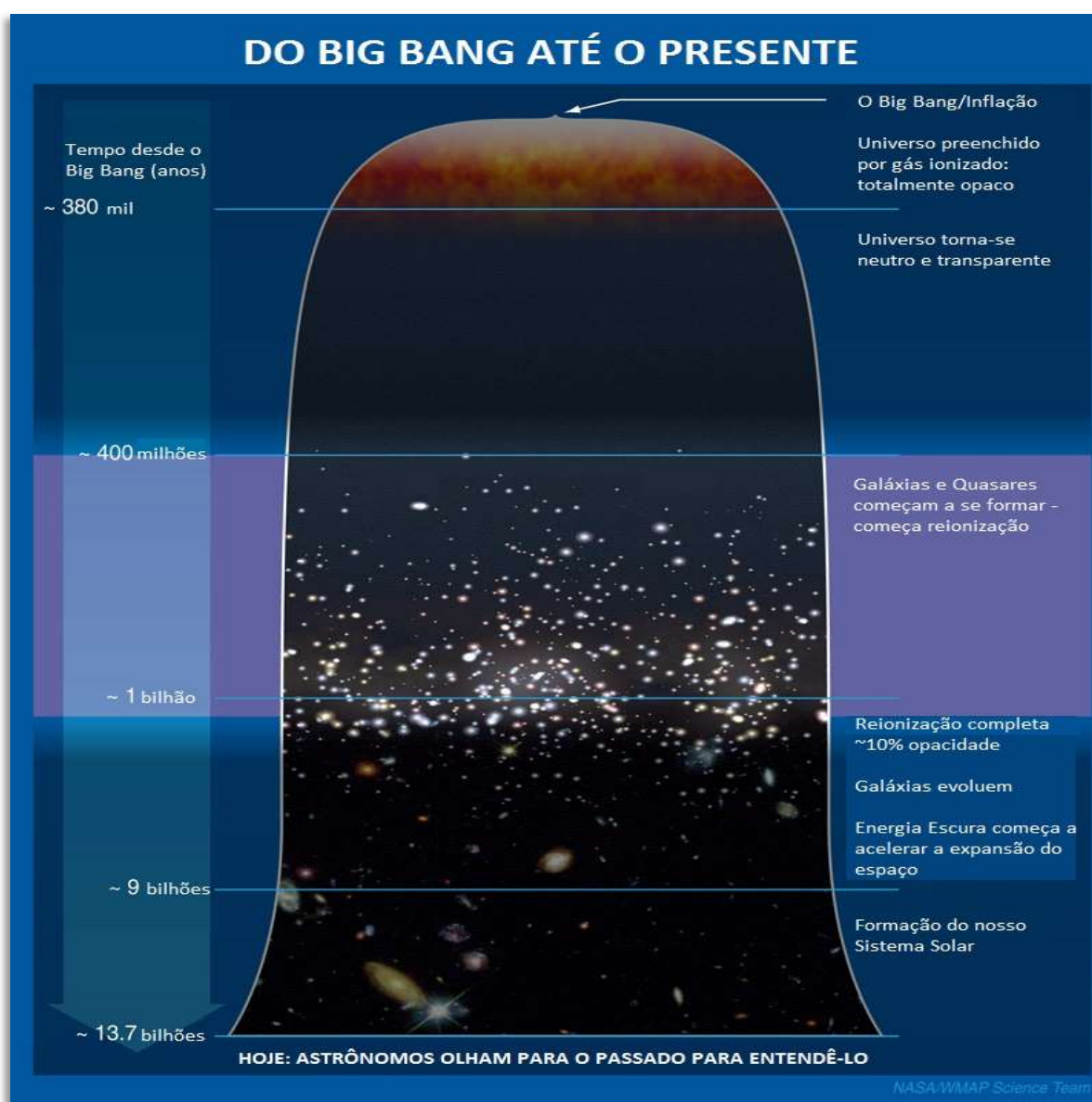
⁴⁶ COBE: <<https://science.nasa.gov/missions/cobe>>.

⁴⁷ WMAP: <<https://map.gsfc.nasa.gov/>>.

⁴⁸ PLANCK: <<http://planck.caltech.edu/>>.

Costuma-se dizer que 1% do ruído de estática captado por uma TV analógica sintonizada num canal fora do ar é oriundo da RCFM. Esta é a radiação, que vem de todos os lados do céu, relíquia do Universo primordial, que estava em expansão e que, quando tinha cerca de 380.000 anos de idade, passava por processo de esfriamento que finalmente permitiu a combinação de prótons e elétrons, para a formação dos primeiros átomos de hidrogênio.

Figura 18 – Do Big Bang até os dias atuais



Fonte: Adaptado da NASA/WMAP

Naquela época, os fótons gerados puderam propagar-se, pois o Universo tinha se tornado transparente à radiação eletromagnética cujo resquício pôde ser detectado hoje, cerca de 13,7 bilhões de anos depois, na faixa de micro-ondas, por receptores de rádio a

bordo de satélites como o *Cosmic Background Explorer* – COBE, o *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* - WMAP e o PLANCK, nome em homenagem a Max Planck (1858-1947). As radiações captadas pelos sensíveis detectores, denominados bolômetros, com o mapeamento realizado, mostram retrato do passado mais remoto que podemos captar com a tecnologia atual.

A RCFM possui espectro característico de radiação do corpo negro, com pico de emissão em 160,5 GHz e temperatura de 2,73 K (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013. p. 340). Por ser temperatura tão baixa, o estudo da RCFM é um desafio: o sinal é muito fraco; é necessário observá-lo em várias faixas de frequências; deve-se medir mínimas variações de temperatura para os mapeamentos; necessita de técnicas de criogenia, para resfriar os receptores. Medições na Terra são dificultadas pela atmosfera; a Via Láctea também ocupa uma grande faixa no céu e deve ser considerada nas medições. Os próprios instrumentos geram calor e este pode interferir nas medidas.

Os estudos mais sofisticados medem diversas faixas de frequências, desde micro-ondas a radiações próximas ao infravermelho, para compor mapas do céu e perceber mínimas variações de temperatura entre regiões do Espaço, que podem estar relacionadas à formação de galáxias. O Produto Educacional Simulador da RCFM reúne um conjunto de elementos para ilustrar os conceitos envolvidos na descoberta deste sinalizador da origem do Universo.

3.3 OUTROS ESTUDOS COM A RADIOASTRONOMIA: EXOPLANETAS, ASTROBIOLOGIA E SETI

A Radioastronomia pode ser uma ferramenta importante para alguns campos de estudo cujos resultados ainda são incipientes que, exatamente por isso, podem proporcionar descobertas surpreendentes, quando as técnicas de estudo e os respectivos resultados forem validados pela comunidade científica. Destacamos a descoberta de exoplanetas, a astrobiologia e a busca por inteligência extraterrestre, inclusive por serem temas objeto da curiosidade dos estudantes, motivando-os por mais conhecimento.

Busca por exoplanetas: a NASA destaca cinco métodos⁴⁹ de busca de planetas em outros sistemas estelares: (1) Trânsito: busca por sombras, como o feito pela Missão Kepler (2732 descobertas); (2) Velocidade Radial: em função do “bamboleio” no

⁴⁹ 5 Ways to Find a Planet: <<https://exoplanets.nasa.gov/interactable/11/>>.

movimento da estrela, provocado pelo planeta, e o efeito Doppler detectado (638 descobertas); (3) Fotografando: os astrônomos podem bloquear a luz ofuscante de uma estrela e tirar a foto da luz refletida por um exoplaneta (43 descobertas); (4) Lente Gravitacional: a luz da estrela distante é curvada e focada pela gravidade à medida em que o planeta passa entre a estrela e a Terra (46 descobertas); (5) Astrometria: a órbita do planeta pode provocar o “bamboleio” da estrela em relação a estrelas próximas (1 descoberta).

Juntando-se a estes métodos consagrados, é possível que a Radioastronomia possa contribuir com mais uma técnica. Há pesquisadores que defendem que as observações em ondas de rádio de planetas extrasolares oferecem o potencial (ainda não realizado) para uma nova maneira de detectá-los e de coletar informações sobre características como a existência de uma magnetosfera, caracterizar o campo magnético, a rotação e até a presença de luas, que podem ser difíceis por outros meios e que serão importantes no desenvolvimento da nossa compreensão de como esses planetas se formam e evoluem (GEORGE, STEVENS, 2007, p. 455).

A ideia também é defendida por Philippe Zarka, para quem a busca pode ser realizada com baixas frequências de rádio em função de se conseguir o maior contraste possível nesta faixa do espectro, em relação aos sinais de rádio emitidos pelas suas estrelas. O mecanismo de emissão considera a provável interação do plasma que circunda exoplanetas com suas estrelas, justificando a busca de sinais de rádio intensos que devem ser emitidos por planetas do tipo “Júpiteres quentes” (ZARKA, 2010, p. 175 – 180).

Radioastronomia e Astrobiologia: com a descoberta das nuvens moleculares no espaço interestelar, os levantamentos realizados apresentaram crescimento no número de moléculas identificadas, passando de 46 em 1979 e 58 em 1985 (KRAUS, 2005, p. 8-102), para cerca de 190 até 2015⁵⁰, as expectativas da descoberta de moléculas cada vez mais complexas aumentaram. As novas descobertas incluem compostos químicos constituídos por moléculas com maior número de átomos, de modo que cresceram o interesse e as expectativas de que a busca por moléculas consideradas precursoras da vida dê resultado positivo.

Buscas de sinais de radiofrequências que pudessem ser confirmadas como originárias da ureia, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, e do aminoácido glicina $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$, foram realizadas, mas sem evidências conclusivas (levantamento com a data de 07/2017).

⁵⁰ Molecules in Space, disponível em: <<http://www.astro.uni-koeln.de/cdms/molecules>>.

Houve confirmação, no entanto, da presença de glicina em cometas pela missão *Stardust* (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013, p. 549).

Foram conduzidos estudos recentes, realizados com o radiotelescópio ALMA, que é capaz tanto de sondar nuvens interestelares quanto atmosferas de planetas e satélites naturais no Sistema Solar, em busca de identificar sinais espectrais dos compostos químicos ali presentes. O estudo da espessa atmosfera de Titã, satélite de Saturno, nos comprimentos de ondas milimétricos, evidenciou a presença de acrilonitrila (C_2H_3CN)⁵¹, um composto químico capaz de formar membranas. Apesar das baixas temperaturas em Titã, a existência de lagos de metano sugere a possibilidade de que processos químicos parecidos com os da Terra primitiva estejam ocorrendo naquele ambiente.

O sensoriamento remoto, que é conduzido com as técnicas da Radioastronomia, poderá fornecer mais evidências dos processos químicos e físicos das regiões que circundam estrelas jovens. Iniciativas como as do *Square Kilometre Array* - SKA, municiarão os astrobiólogos com as ferramentas necessárias para a detecção de aminoácidos e, com a sensibilidade que se espera de suas antenas, poderá até mesmo buscar indícios de inteligência extraterrestre⁵².

SETI (*Search for Extraterrestrial Intelligence*): é a sigla em inglês para a busca de vida inteligente de origem extraterrestre. Para calcular a probabilidade de encontrarmos vida inteligente fora da Terra, Frank Drake, com conhecimentos de eletrônica aplicados à Radioastronomia, apresentou, em 1961, uma equação que se tornou famosa por nos ajudar a direcionar nosso conhecimento, para estimar o número de civilizações extraterrestres em nossa galáxia. Vejamos a famosa Equação de Drake e seus termos:

$$N = R^* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

N = Número de civilizações na nossa galáxia, a Via Láctea, cujas emissões eletromagnéticas podem ser detectadas.

R^* = Razão de formação de estrelas em condições adequadas para o desenvolvimento da vida inteligente.

⁵¹ ALMA na investigação da atmosfera de Titã < <http://www.almaobservatory.org/en/press-release/alma-confirms-complex-chemistry-in-titans-atmosphere-saturns-moon-offers-glimpse-of-earths-primordial-past/>>.

⁵² O Berço da vida, disponível em: < <http://skatelescope.org/cradle-life/>>.

f_p = Fração das estrelas, de R^* , com sistemas planetários.

n_e = Número de planetas, por sistema planetário f_p , com um ambiente favorável à vida.

f_l = A fração de planetas adequados à vida (de n_e), em que de fato a vida surgiu.

f_i = Fração de planetas que hospedam a vida (de f_l), onde seres inteligentes emergiram.

f_c = Fração de civilizações que desenvolveram a tecnologia necessária para emitir sinais da sua existência, detectáveis no Espaço.

L = Período de tempo em que as civilizações (f_c) permanecem irradiando sinais da sua presença, detectáveis no Espaço.

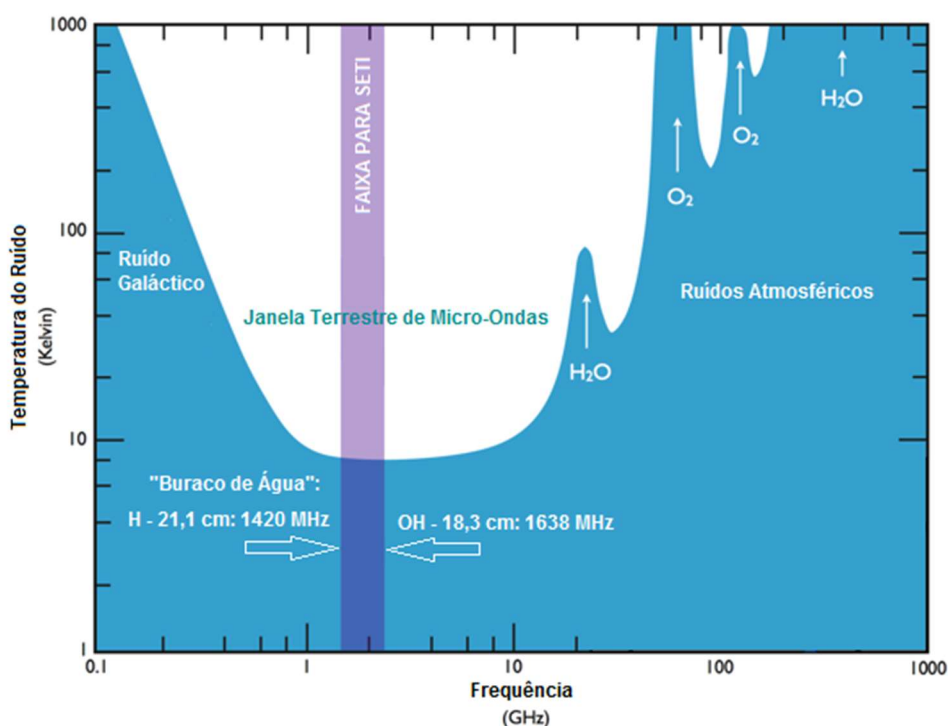
Utilizando o radiotelescópio de Green Bank, Drake mapeou o centro da Via Láctea e seus estudos ajudaram a tornar a busca de vida fora da Terra uma ciência seriamente reconhecida no meio acadêmico. Drake também conduziu a primeira busca sistematizada, SETI, em 1960, no denominado Projeto OZMA, na faixa de frequências de 21 cm, monitorando Epsilon Eridani e Tau Ceti. Apesar de demonstrar certo pessimismo em relação aos resultados das buscas realizadas com projetos como o SETI, Drake, em depoimento registrado no livro *Five Billion Years of Solitude*, admite que, em função da “dificuldade inerente à viagem interestelar é uma das grandes razões porque efetuar buscas utilizando sinais de rádio é tão atraente” (DRAKE, apud BILLINGS, 2013, p. 45).

A escolha da faixa de 21 cm, em torno de 1420 MHz, não foi aleatória, como vemos na Figura 19. Mesmo com nossos avanços tecnológicos, é muito difícil mapear o céu inteiro em todas as faixas de rádio. Assim, os cientistas devem decidir para onde apontar as antenas e quais faixas de rádio investigar. O uso de radiofrequências ainda é considerado a melhor escolha, mesmo que outras tecnologias comecem a emergir, como a possibilidade de detectar pulsos de raios laser, o uso dos neutrinos para comunicação no Espaço, ou ainda a descoberta das ondas gravitacionais.

Em síntese, verificamos que nas faixas de frequência mais baixas, há um predomínio de ruído de origem não termal, originário da galáxia. Nas frequências mais altas, nossa atmosfera gera ruídos que mascaram sinais vindos do Espaço, por exemplo, nas faixas de emissão da água (vapor) e do oxigênio, presentes na atmosfera.

*The Water Hole*⁵³ – ou “Buraco de Água”, é assim denominado porque as faixas de emissão natural de H e OH (de 1420 a aproximadamente 1640 MHz) correspondem às substâncias H e OH, que quando combinadas produzem água. Coincidem com uma boa janela de observação de rádio na Via Láctea e na Terra. Alguns cientistas defendem a busca nesta região do espectro porque a vida como conhecemos depende da água e outros seres inteligentes poderiam também escolher esta faixa de rádio para emitir seus sinais no Cosmos, se estivessem interessados em comunicação interestelar.

Figura 19 – Janela de observação para SETI, de 1420 MHz a 1638 MHz, o “Buraco de Água”



Fonte: adaptado de https://seti.berkeley.edu/var/www/html/seti_at_the_gbt

Programas como o da SETI⁵⁴ (*Search for Extraterrestrial Intelligence*) fazem a busca sistemática por sinais de rádio que contenham indícios de algum tipo de modulação que denote a sua origem artificial, intencional, e que possa ser decodificada revelando alguma mensagem e tenha a sua localização escrutinada em detalhes. A SETI usa uma matriz de radiotelescópios – o *Allen Telescope Array* (ATA) e eles selecionam sistemas estelares onde existam planetas em zonas habitáveis, em que a vida possa se desenvolver. O Universo é vasto, as buscas normalmente se concentram no “poço de

⁵³ Overview and history of SETI: < <http://www.jb.man.ac.uk/distance/life/sample/seti/>>.

⁵⁴ Para explorar, entender e explicar a origem da vida, SETI Institute - < <https://www.seti.org/>>.

água” e há poucas antenas fazendo o serviço. No pouco tempo e com os poucos recursos com os quais a busca é feita, nada ainda foi descoberto que comprove a existência de inteligência extraterrestre.

3.4 PANORAMA DA RADIOASTRONOMIA NO MUNDO E NO BRASIL

Desde o seu advento, a pesquisa em Radioastronomia esteve associada com instituições governamentais, de ensino, pesquisa e grandes empresas. Os investimentos necessários são muito elevados, a manutenção dos equipamentos é complexa e requer atualizações frequentes. A análise dos dados cresceu muito em complexidade, exigindo computadores com grande capacidade de processamento e armazenamento. Muitos dos novos radiotelescópios são construídos adotando uma filosofia de funcionamento em que, em vez de se construir uma antena com grande área coletora, escolhe-se o local que será povoado por várias antenas de dimensões relativamente menores, mas em maior número, com possibilidade de alteração da sua configuração – movimentando-se as antenas por trilhos ou por grandes caminhões. Se as antenas são fixas, o diagrama resultante do conjunto de elementos é modificado por meio de configurações eletrônicas que repercutem em que área do céu é monitorada. Uma exceção recente é o radiotelescópio de 500 m de diâmetro construído na China, o FAST⁵⁵ (*Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope*), que concorre em sensibilidade e velocidade de apontamento com o de Arecibo⁵⁶ (de 305 m), na Costa Rica.

A Radioastronomia enfrenta um grande problema, que também afeta a astronomia ótica: a poluição do espectro eletromagnético. Uma solução que ainda impõe desafios de ordem logística e financeira é a construção de radiotelescópios em órbita ou, melhor ainda, no lado oculto da Lua. Desse modo, o próprio satélite se constituiria numa barreira para os sinais interferentes oriundos da Terra, ou do Sol, a depender da fase da Lua. Na Terra, os locais escolhidos para a instalação dos equipamentos geralmente são remotos ou cercados por montanhas que os isolem de interferências locais, o que contribui para aumentar os custos operacionais. Podemos destacar, em termos internacionais, a existência de colaboração entre vários países para a construção e a manutenção dos complexos de radiotelescópios. O radiotelescópio ALMA é um

⁵⁵ Radiotelescópio FAST - <<http://fast.bao.ac.cn/en/>>.

⁵⁶ Arecibo: <<http://websites.suagm.edu/ao/>>.

grande exemplo desta estratégia, com a colaboração global⁵⁷ de países: o Chile, com o local da construção; participação do *European Southern Observatory* - ESO⁵⁸, dos países europeus; além do Canadá, Estados Unidos, Coréia do Sul e Japão.

3.4.1 Exemplos de observatórios radioastronômicos

Com os avanços tecnológicos, a Radioastronomia pode dispor de antenas instaladas em satélites e sondas espaciais. Fora da atmosfera da Terra, podem captar sinais de baixa frequência que, de outro modo, seriam bloqueados pela ionosfera. Com os recursos da interferometria, associando equipamentos remotos, como os do Espaço com outros radiotelescópios na Terra, aumenta-se bastante a resolução angular para estudo dos objetos de interesse.

Destacamos um exemplo de radiotelescópio lançado ao Espaço, o RADIOASTRON⁵⁹, nome do projeto baseado na tecnologia do satélite “*radiotelescope Spektr-R*”, da Rússia, que contou com a colaboração de outros países. O satélite ainda está em operação (2017) e consiste de uma grande antena que foi lançada numa configuração retrátil do refletor que, ao chegar ao Espaço, foi estendida para seu tamanho de 10 m. Operando numa órbita elíptica, seu primeiro teste foi realizado em 2011, nos comprimentos de onda de 92 e 18 cm, captando sinais de Cassiopeia A. Opera nas bandas P, L, C e K, já foi utilizado para pesquisas com interferometria com linha de base muito longa, VLBI (*very long baseline interferometry*) e foi utilizado para compor a imagem de rádio em 1,3 cm, com recorde de resolução angular para estudo do objeto *BL Lacertae*, estudo das emissões do núcleo ativo da galáxia.

As sondas espaciais Voyager, Cassini, JUNO, *New Horizons* e outras, também foram equipadas com antenas para captura de informações de rádio dos objetos celestes que visitaram. Na Terra, há inúmeros radiotelescópios, alguns já foram desativados e muitos estão em operação. Num pequeno levantamento da diversidade de recursos existentes, incluímos o FAST, Arecibo e ALMA⁶⁰. Além das antenas parabólicas, há arranjos de antenas dipolo, helicoidais, log-periódicas, a depender das frequências de operação.

⁵⁷ ALMA, global collaboration: <<http://www.almaobservatory.org/en/about-alma-at-first-glance/global-collaboration/>>.

⁵⁸ ESO - European Southern Observatory: <<http://www.eso.org/public/>>.

⁵⁹ Radioastron, space VLBI mission, manual do usuário: <<http://www.asc.rssi.ru/radioastron/documents/rauh/en/rauh.pdf>>.

⁶⁰ ALMA: <<http://www.almaobservatory.org/en/home/>>.

Em operação desde 25/09/2016, o maior radiotelescópio do mundo é o **FAST** (*Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope*), construído pela China, com refletor esférico, de 500 m de diâmetro, em 2017 ainda estava em fase de testes, já destacando-se com a detecção de novos pulsares. As frequências de operação vão de 70 MHz a 3 GHz, distribuídos em 9 alimentadores. Deverá ser o mais sensível receptor de rádio do mundo, espera-se que seja utilizado para buscas do tipo SETI.

Arecibo, com 305 m de diâmetro, também é extremamente sensível na recepção de sinais de rádio, contribuindo há décadas (inaugurado em 01/11/1963) com descobertas astronômicas. Possui a capacidade de efetuar a Radioastronomia ativa, emitindo pulsos de rádio de alta potência com os quais pode mapear a superfície de objetos celestes (de asteroides a planetas). Arecibo é, talvez, o radiotelescópio mais conhecido pelo público, presente em filmes como *007* e *Contato*. Capaz de operar de 50 MHz a 10 GHz.

O **ALMA**, com suas 66 antenas (54 de 12 m e 12 de 7 m de diâmetro) que podem ser combinadas para funcionar como um interferômetro. Instaladas no Deserto do Atacama no Chile, operam no extremo mais alto das micro-ondas, com receptores capazes de operar em bandas de frequência na região de 35 GHz a 950 GHz.

Também não poderíamos deixar de mencionar o observatório de **NANÇAY (NRH)**⁶¹ na França, que possui estruturas com refletor duplo, de 200 x 40 m (plano), e de 300 x 35 m (curvo). Possui arranjo decamétrico para as observações do Sol e Júpiter: o Nançay Decameter Array (NDA), composto por 144 antenas helicoidais cônicas, medindo 9 por 5 m, na faixa de 3 a 30 m (10 a 100 MHz), ocupando área de 7000 m². As observações experimentais feitas com o *Radio Jove* podem ser conferidas com as observações profissionais deste observatório, quando publicadas.

3.4.2 A Radioastronomia no Brasil

O primeiro radiotelescópio do Brasil ficava no Parque do Ibirapuera, em São Paulo. Foi inaugurado em 1960, operava em 300 MHz (comprimento de onda de 1 m), faixa pouco sujeita a interferências naquela época; a antena era parabólica, construída com tela de arame, de 30 m de diâmetro, distância focal de 21 m. “O conjunto todo, com a abertura da antena voltada para o zênite, foi fixado no solo, constituindo um instrumento de passagem meridiana dos astros, tirando proveito da rotação da Terra”

⁶¹ Nançay Decametric Array: <<https://www.obs-nancay.fr/-Le-reseau-decametrique-.html>>.

(SANTOS, MATSUURA, 2013, p.103). Infelizmente, um mês após sua inauguração, foi destruído por animais que pastavam nas proximidades.

O Instituto Astronômico e Geofísico da USP (IAG/USP) desempenhou importante papel para a Radioastronomia no Brasil. No Ano Geofísico Internacional (IGY), um esforço coordenado de âmbito global, no período de 1957/1958, proporcionou ao IAG/USP participar do programa de monitoramento dos primeiros satélites artificiais que foram lançados. O professor Luiz de Queiroz Orsini, que participava do Serviço Ionosférico do IAG/USP, preparou um sistema de recepção de rádio, com receptor *Hammarlund HQ-120X*, na frequência de 20 MHz, para captar os “bips” do satélite soviético Sputnik (SANTOS, 2013, p. 510-511).

Também em 1958, Hélio Guerra Vieira, à época do Departamento de Física da Escola Politécnica, também foi pioneiro nas experiências realizadas no meio acadêmico (IAG-USP) com Radioastronomia, no Brasil. Segundo SANTOS (2013, p. 511), ele construiu um radiointerferômetro⁶² para a frequência de 108 MHz, conseguiu captar sinais do satélite americano *Explorer I* e observou emissões solares, num ano em que o Sol estava em máxima atividade. Apesar das suas observações, não prosseguiu com pesquisas com a Radioastronomia, nem interagiu com um grupo de pesquisadores da Associação dos Amadores de Astronomia de São Paulo AAASP. (CAPOZZOLI, 2005, p. 194).

Ao estudar a história da Radioastronomia no Brasil percebemos como é marcada por episódios pitorescos e desenvolvimento pontuado por altos e baixos. Um quadro coerente com a ausência de uma política de longo prazo para o desenvolvimento da Astronomia. Mesmo assim, por um tempo, o Rádio Observatório do Itapetinga (ROI)⁶³, em Atibaia/SP, já esteve na vanguarda das descobertas científicas, a partir dos anos 1970, da sua implementação. Uma das antenas, o radiotelescópio de 14 m de diâmetro, foi inaugurado em 1974, projetado para operar até 100 GHz, funciona no intervalo de frequências entre 20 e 50 GHz. Com o radiotelescópio, o Brasil foi palco de pesquisas com reconhecimento internacional, destacadas no Quadro 9:

Fonte: adaptado de NARA – USP <http://www.astro.iag.usp.br/~nara/apresentac.pdf>

Pesquisa	Descrição
MASER	Foi crucial para a descoberta de fontes de emissão maser (o equivalente de laser, mas para micro-ondas) das moléculas de H ₂ O e SiO, do Hemisfério Sul

⁶² Radiointerferômetro: conjunto de radiotelescópios (dois ou mais) cujos sinais são correlacionados, aumentando sensibilidade e resolução.

⁶³ Radiobservatório do Itapetinga: < <http://www.cea.inpe.br/roi/> >.

MASER	a descoberta do primeiro MASER em uma galáxia externa à Via Láctea
QUASAR	A emissão de nuvens do meio interestelar de nossa Galáxia, assim como dos recém descobertos quasares (Quase-Stellar Radio Sources), foi estudada. A participação do ROI aumentou a resolução norte-sul no estudo de núcleos ativos de quasares.
Novas técnicas de rastreo e de aquisição de dados	Foram desenvolvidas para superar as limitações impostas pela atmosfera terrestre, e só depois adotadas em outros países.
Sol	A física solar se beneficiou enormemente da utilização do ROI na observação das fulgurações, devido às altas resoluções espacial e temporal alcançadas. A obtenção de mapas solares, com o sistema rápido de rastreo, permitia a localização das regiões ativas do Sol em tempo real.
VLBI	O ROI participou na década de 1990, de várias campanhas de VLBI (Very Long Baseline Interferometry), técnica pela qual sinais de vários radiotelescópios, situados a distâncias intercontinentais, gravados separadamente e depois correlacionados, fornecem mapas de fontes radioastronômicas com precisão de milissegundos de arco.

Quadro 9 – Pesquisas realizadas no ROI

No estudo histórico, encontramos registros do Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica Mackenzie (CRAAM)⁶⁴: originou-se em 1960, como Grupo de Rádio Astronomia Mackenzie – GRAM, da então Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade Mackenzie, incorporando as atividades experimentais de um grupo de estudantes de Física, engenharia, técnicos, e aficionados da Associação de Amadores de Astronomia, São Paulo, iniciadas desde 1958. Suas atividades em pesquisas e pós-graduação foram pioneiras no Brasil, nas áreas de radiociências, incluindo radioastronomia, física solar, relações solares-terrestres, física da ionosfera, astrofísica, instrumentação radiocientífica e ciências espaciais.

Figura 20 - Arranjo interferométrico brasileiro (BDA), do INPE



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/telesc/node3.htm>

⁶⁴ CRAAM: <http://www.craam.mackenzie.br/home_craam.html>.

O Rádio Observatório Espacial do Nordeste (ROEN)⁶⁵, em Eusébio/Fortaleza, CE, foi construído entre 1992-1993 nas instalações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, mediante convênio com o Mackenzie, com recursos iniciais da FINEP (Financiadora de Projetos do MCT) e da agência norte-americana NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), geridos pelo Mackenzie, com as atividades coordenadas pelo CRAAM, em colaboração com o INPE. Com os recursos outorgados pelo contrato NASA-Mackenzie, no contexto do Acordo de Cooperação firmado entre a NASA e a Agência Espacial Brasileira, AEB, complementando as participações do Mackenzie e do INPE, na época da pesquisa (2017).

Outro destaque: o Arranjo Decimétrico Brasileiro - ou simplesmente BDA⁶⁶, do inglês *Brazilian Decimetric Array*. Na página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) na Internet, encontramos a informação de que “o BDA será o primeiro rádio-interferômetro em ondas decimétricas [...] Será capaz de gerar 10 imagens do Sol por segundo, bem como sua análise em tempo real”. Há também fotos com protótipos das antenas em Cachoeira Paulista/SP. Projeto concebido para ser implementado em fases: Fase I – cinco elementos instalados no sentido leste-oeste, para interferometria com antenas de 4 m de diâmetro cada, operando na faixa de 1,2 – 1,7 MHz, Figura 20. A segunda Fase⁶⁷ previa a instalação de 21 antenas. A formação em T, com ampliação da faixa de frequências para 2,8 – 5,6 GHz, ainda não foi concluída (2017).

Alguns outros estudos, com a participação de pesquisadores do INPE para o entendimento da Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas (RCFM), aconteceram com o experimento BEAST (*Background Emission Anisotropy Scanning Telescope*)⁶⁸, em 30 e 41 GHz, em 2005. E com o *Absolute Radiometer for Cosmology, Astrophysics, and Diffuse Emission* (ARCADE)⁶⁹, com radiômetros resfriados instalados em balões a mais de 35 km de altitude.

Para pensarmos as perspectivas da Radioastronomia brasileira, resgatamos o panorama da Radioastronomia no Brasil, traçado pelo Dr. Jacques Lépine, no capítulo Perspectivas na Área de Astronomia, do livro *Física: Tendências e Perspectivas*, de 2005. Mais de uma década depois, ainda é relevante constatarmos que:

⁶⁵ ROEN: <<http://www.roen.inpe.br/frames/roen.htm>>.

⁶⁶ BDA: <<http://www.das.inpe.br/fini/bda/index.html>>.

⁶⁷ BDA, fase II: <https://www.researchgate.net/publication/248627183_Brazilian_Decimetric_Array_BDA_project_-_Phase_II>.

⁶⁸ Artigo descrevendo o instrumento: <http://www.das.inpe.br/thyrso/publications/Childersetal2005_ApJS_158_124.pdf>.

⁶⁹ ARCADE: <<https://asd.gsfc.nasa.gov/archive/arcade/>>.

não existe nenhuma instância no País, nem em nível estadual nem federal, que tenha memória dos grandes projetos, ou que simplesmente mantenha uma lista dos principais projetos em execução, e das responsabilidades assumidas frente a instituições do exterior. (LÉPINE, 2005, p. 83)

Tratando da permanência nos programas e parceria internacionais, o Brasil recentemente ingressou em projetos que ainda não se concretizaram (2017): o *Long Latin American Millimeter Array - LLAMA*⁷⁰ e o *Baryon Acoustic Oscillations In Neutral Gas Observations - BINGO*⁷¹. O BINGO pode representar um grande avanço para a Radioastronomia no Brasil, com a perspectiva de sua construção na Paraíba e não mais no Uruguai, como originalmente planejado. Com esta construção, instituições de ensino poderão fomentar a formação acadêmica e a criação de uma comunidade de novos pesquisadores para a Radioastronomia profissional.

Para que a Radioastronomia seja praticada em nosso território é importante destacar que algumas frequências de rádio da pesquisa espacial devem estar protegidas contra interferências e, no Brasil, o espectro eletromagnético é regulado pela Agência Nacional de Telecomunicações, ANATEL. No portal da agência, encontramos informações sobre a legislação e as resoluções referentes aos diversos serviços, assim como para usos militares exclusivos, para comunicação com satélites e faixas protegidas para a Radioastronomia.

Para uma visão global do espectro regulado, o Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil, o PDFF (Anexo), possibilita consultar cada frequência, ou serviço, específico. Deve-se ressaltar que o espectro eletromagnético é recurso escasso, para ser utilizado por todos os entes, idealmente, sem interferências mútuas.

3.5 RADIOASTRONOMIA PROFISSIONAL E EXPERIMENTAL

A Radioastronomia pode envolver diversos ramos de atividades profissionais, com destaque mais óbvio para a Astronomia, Física, Engenharia, TIC, a emergência da Astrobiologia, além de outros campos, no que puder ser associado à Educação e à indústria que porventura produza insumos para os observatórios existentes em várias

⁷⁰ LLAMA, o Grande Arranjo Milimétrico Latino-Americano - <<http://www.iar.unlp.edu.ar/llama-web/portuguese.html>>.

⁷¹ BINGO: <<http://www.bingotelescope.org/pt/>>.

partes do mundo. Os grandes radiotelescópios associados às instituições de governo e centros de pesquisa (universidades) são o melhor exemplo para caracterizar a radioastronomia profissional. Os equipamentos são caros, situados em locais remotos para minimizar interferências. A manutenção é necessária e contínua e os equipamentos precisarão de atualizações frequentes para estar na vanguarda das descobertas relevantes.

O planejamento das antenas com suas estruturas mecânicas de precisão, receptores, computadores – todo o aparato que constitui um rádio telescópio - envolve definir quais observações serão feitas na faixa de frequência escolhida e qual a sua importância no contexto do que já se sabe e do que se espera comprovar – sempre contando com a possibilidade de descobertas inesperadas, a serendipidade.

Recorremos novamente ao BINGO⁷² para exemplificar um radiotelescópio em fase de projeto que poderá ser construído no Brasil, com a participação do Reino Unido, Suíça, Uruguai e de instituições do Brasil, como o INPE, envolvendo a “construção, desenvolvimento, calibração, testes e análises de dados, bem como do comitê gestor do projeto”. No Brasil a coordenação-geral será de responsabilidade do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP)⁷³ (IFUSP, 2017). As complexidades que envolvem construir e manter um radiotelescópio desde o projeto à construção e operação, muitas vezes se viabilizam apenas com o compartilhamento das despesas entre vários países. Ainda assim, se o BINGO realmente for construído, mobilizará parte da nossa indústria e meio acadêmico, com a relevância para a formação de pesquisadores na área, como vemos na citação a seguir, da página do Instituto de Física da Universidade de São Paulo – IFUSP:

O desenvolvimento dos componentes para módulos receptores e a construção e montagem de antena têm o apoio de cerca de R\$ 12 milhões da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) no âmbito do projeto temático O telescópio BINGO: a nova janela de 21 cm para exploração do universo escuro e outras questões astrofísica. O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) oferece como contrapartida recursos humanos, com pesquisadores, técnicos e engenheiros e a infraestrutura do Laboratório de Integração e Testes de Satélites do INPE, o principal centro capaz de realizar testes de antenas no país. (IFUSP, 2017).

⁷² BINGO, para medir emissões do hidrogênio neutro: <<http://www.jb.man.ac.uk/research/BINGO/>>.

⁷³ IFUSP - a construção de radiotelescópio para investigar a energia escura do universo: <<http://portal.if.usp.br/ifusp/pt-br/not%C3%ADcia/mcti-destaca-constru%C3%A7%C3%A3o-do-radiotelesc%C3%B3pio-bingo>>.

Como se percebe no exemplo, são muitos os entes envolvidos para que a Radioastronomia profissional funcione plenamente e não poderia ser diferente. Além disso, é importante que parâmetros e padrões das medidas e dos termos em que as descobertas são feitas componham um idioma técnico comum que facilite a comunicação entre as entidades governamentais e de pesquisa.

Em termos de radiofrequências, o controle de ocupação e uso dos canais normalmente é feito por órgãos de governo, mas também por entidades não-governamentais, em concordância com padrões internacionais. Em termos internacionais, destacamos a *Union Radio-Scientifique Internationale*, União Internacional de Radio Ciência, URSI⁷⁴, uma organização não governamental e sem fins lucrativos que, dentre outros objetivos visa a “encorajar e promover a atividade internacional em rádio ciência e suas aplicações, em benefício da humanidade; Incentivar a adoção de métodos comuns de medição e a comparação e normalização dos instrumentos de medição utilizados no trabalho científico” (URSI).

Outra instituição, a *International Astronomical Union*, IAU⁷⁵, possui uma comissão denominada “Comissão B4” que tem o objetivo de reunir cientistas e engenheiros que realizam pesquisas observacionais e teóricas em Radioastronomia e que desenvolvem e operam as instalações terrestres e espaciais que são utilizadas para explorar o Universo em comprimentos de onda de rádio.

O principal objetivo desta Comissão será coordenar o papel único da Radioastronomia como parte da nossa capacidade global de *multi-comprimento* de onda em astronomia, tendo em consideração o desenvolvimento a longo prazo, neste domínio, no nível internacional. (IAU, 2017)

Registre-se também o repositório de informações técnicas disponível na Internet e mantido pela *International Telecommunication Union*, ITU⁷⁶, (União Internacional de Telecomunicações). Dedicado às telecomunicações, mantém informações de caráter técnico, referentes às propriedades de propagação dos sinais de rádio e padrões de cálculos de enlaces de satélite. Também há muitas informações sobre a Radioastronomia, especialmente sobre a proteção do espectro eletromagnético contra

⁷⁴ URSI - <<http://www.ursi.org/homepage.php>>.

⁷⁵ IAU, e a Comissão B4 de Radioastronomia - <https://www.iau.org/science/scientific_bodies/commissions/B4/>.

⁷⁶ ITU Recomendações da ITU sobre Radioastronomia: <<https://www.itu.int/rec/R-REC-RA/en>>.

interferências originárias em canais adjacentes às faixas normalmente dedicadas à Radioastronomia, Quadro 10.

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

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

Quadro 10 – Faixas de frequências para Radioastronomia, conforme ITU

É possível que a quantidade de radioastrônomos não seja tão grande quanto os envolvidos na Astronomia ótica, mas é um campo de pesquisa que possui amplo reconhecimento acadêmico. As diferentes abordagens que a Radioastronomia permite e a integração de conhecimentos com outras áreas por si só justificam que divulguemos e promovamos a Radioastronomia no ambiente escolar, inclusive como estímulo para aprofundar os estudos nesta área ou até mesmo vir a ser considerada uma opção profissional futura aos estudantes.

Por outro lado, enquanto exercida experimentalmente, caracterizar uma atividade como amadora em alguns casos pode encerrar um sentido pejorativo, relacionado à falta de cuidado ou ausência de profissionalismo. Para caracterizar a Radioastronomia amadora, no entanto, a expressão refere-se ao exercício dessa atividade, não profissionalmente, no sentido de não ser daí derivada a subsistência do praticante, mas uma atividade exercida por diletantismo, satisfação pessoal. Também pela curiosidade daqueles que perguntam e ousam buscar, por meios próprios, artesanais

ou não, algumas respostas, ou para exercitar a observação cósmica por meios não usuais. Num desafio à atividade amadora, a Radioastronomia é uma ciência que

depende de instrumentos complexos para recolher os dados, incluindo as propriedades instrumentais, vantagens e limitações. Estes instrumentos muitas vezes não são mais construídos pelo usuário. Em vez disso, a tarefa é otimizar o uso de um instrumento para um estudo particular. (WILSON, ROHLFS, HÜTTEMEISTER, 2013. p. 2)

Esta complexidade dos instrumentos está associada aos fenômenos estudados – que se reflete no necessário aperfeiçoamento técnico. Apesar disso, os desafios de lidar com os rádios e antenas não afastam aqueles empenhados em enveredar na Radioastronomia amadora. De certo modo, ocorrerá também a otimização de recursos, de acordo com as possibilidades econômicas de cada pesquisador. A otimização materializa-se mais nos equipamentos, com características artesanais, do que no acesso à literatura especializada, pois há informações na Internet, especialmente em inglês.

Nos ambientes escolares abre-se a possibilidade de, visando à otimização de recursos, estimular a criação de grupos de estudos da Radioastronomia, com estudantes motivados pela afinidade em apreender novas atividades, como a participação em eventos de divulgação científica. Permitindo adquirir os recursos para construir radiotelescópios como os de antena da Banda Ku e, posteriormente, a construção de receptores do *VLF Inspire*, radiotelescópios de 20,1 MHz do *Radio Jove*, para monitorar atividades de emissão de rádio da Via Láctea, do Sol e de Júpiter, com a divisão dos custos com os participantes envolvidos.

Também é possível utilizar receptor do tipo SDR (*Software Defined Radio*), que converte o sinal de RF entregue pela antena, após amplificação, em sinal digital para ser processado no computador ao qual é conectado pela porta USB. Programas de gerenciamento do receptor como o *SDRSharp* podem ser utilizados para escolha das faixas de frequências e outros ajustes. Com este tipo de receptor, radioastrônomos amadores captam sinais de Júpiter e do Sol e até mesmo da linha de emissão do Hidrogênio. Percebe-se que o grau de complexidade da Radioastronomia amadora pode ser expandido de acordo com o interesse do pesquisador.

Como vimos, enquanto na Radioastronomia profissional consórcios internacionais mobilizam-se para construir grandes radiotelescópios, como o SKA⁷⁷ (*Square Kilometre Array*), parte dele planejado para operar em frequências mais baixas,

⁷⁷ SKA – Low Frequency Aperture Array - LFAA - <http://skatelescope.org/lfaa/>

ou o ALMA (*Atacama Large Millimetric Array*), para captar frequências muito mais altas, no mesmo espírito, os astrônomos amadores se organizam e compartilham informações pela Internet. A seguir, destacamos alguns entes de promoção da radioastronomia amadora:

Radio-Sky Publishing⁷⁸ – grande repositório de informações para utilização de *softwares*, a compra de livros e para ter acesso às principais informações para iniciar a Radioastronomia amadora. Os programas para a monitoração de Júpiter e o registro gráfico dos sinais captados estão disponíveis neste endereço.

Radio JOVE⁷⁹ - Hospedado no endereço da NASA e GSFC, o projeto educacional *Radio JOVE* é “baseado em pesquisa que permite aos alunos, professores e público em geral aprender sobre Radioastronomia construindo seu próprio radiotelescópio a partir de um kit barato”. O custo do radiotelescópio pode ser considerado baixo, quando comparado com a Radioastronomia profissional e se os valores forem subsidiados por algum projeto educacional. Para o uso individual, a aquisição do kit deve considerar a realidade local, pois haverá conversão do valor para Dólar, o acréscimo de imposto de importação e do frete. Uma das mais interessantes características deste projeto é a de que “os participantes também colaboram entre si através de interações e compartilhamento de dados na rede”. Associados ao *Radio Jove*, dois grupos de e-mail compartilham informações das observações realizadas em vários lugares do mundo e há colaboração técnica quanto à montagem do rádio, das antenas, a calibração e publicação dos dados, no endereço do *Radio Jove Spectrograph Users Group* (SUG)⁸⁰.

VLF Inspire⁸¹ - para a região do espectro eletromagnético de mais baixa frequência, a VLF, é possível adquirir o kit do receptor e ingressar na comunidade de pesquisadores dos ruídos de rádio gerados na atmosfera da Terra e que podem interagir com camadas atmosféricas afetadas pelo Sol. Para aplicações acadêmicas, o *VLF Inspire* oferece bolsas de estudos para cidadãos americanos, especialmente aos estudantes das áreas de STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*), divulga informações das pesquisas realizadas em VLF, com o seu receptor, em fóruns por e-mail, e com o *Inspire Journal*⁸². É uma faixa de frequências difícil de monitorar

⁷⁸ Radio-Sky Publishing: <<http://www.radiosky.com/>>.

⁷⁹ RADIOJOVE - <<https://radiojove.gsfc.nasa.gov/>>.

⁸⁰ SUG: <<http://www.radiojove.org/SUG/>>.

⁸¹ VLF Inspire: <<http://theinspireproject.org/>>.

⁸² Inspire Journal - <<http://theinspireproject.org/default.asp?contentID=21>>.

no ambiente urbano, ou até mesmo rural, se próximo às linhas de alimentação de corrente alternada (AC), mas o objetivo é captar e registrar os sinais atmosféricos típicos, do tipo “*sferics, tweeks, whistlers, chorus*”⁸³.

SARA – *Society of Amateur Radio Astronomers*⁸⁴: é um grupo que se define como “uma sociedade internacional de entusiastas dedicados que ensinam, aprendem, comercializam informações técnicas e fazem suas próprias observações do céu de rádio”, ressalta o caráter “científico, sem fins lucrativos fundado com o único propósito de apoiar a radioastronomia amadora”, além disso, publica em seu portal informações e tutoriais para a Radioastronomia, divulga e promove eventos de apelo educacional.

Outros relatos de Radioastronomia amadora no Brasil, Quadro 11:

Endereço	Observação do endereço
https://kleybom.wordpress.com/radioastronomia-amadora/	
“Kleybo’m Blog”: Montagem do radiotelescópio de 12 GHz – Dissertação apresentada na UNB por Kley Cruz Fernandes, para conclusão do curso de Física.	“Para a conclusão do Curso de Física da UCB, apresentei como trabalho final a construção de um radiotelescópio amador em micro-ondas”
https://astronomiapg.wordpress.com/radioastronomia/	
GPAA Grupo Ponta-Grossense de Amadores de Astronomia: Radioastronomia com antenas de VHF para captar sinais FM refletidos em rastros ionizados de meteoros	“... o que poucos sabem é que existe o mundo da Radioastronomia amadora, feita por amadores em vários países, observando desde o centro da Via Láctea, chuvas de meteoros, tempestades magnéticas em Júpiter e até mesmo monitorando pulsares”.

Quadro 11 – Sítios na Internet de radioastronomia amadora

Independentemente da existência destas comunidades que agregam informações das atividades amadoras, o espírito do que nelas é realizado pode e deve ser assimilado no ambiente escolar com a criação de grupos de estudo colaborativos. Mesmo que alguns receptores sejam produzidos no exterior, seus diagramas elétricos são publicados na Internet e podem ser montados localmente, por grupos de estudantes e professores. As antenas de satélite da Banda Ku são recursos fáceis de adquirir localmente e adaptados em radiotelescópios amadores. Estas atividades fomentam o interesse pela ciência e tecnologia, podendo incentivar aos estudantes que já possuam interesse na área no direcionamento dos seus estudos e na sua futura profissão.

⁸³ Tipos de ruídos VLF: <<http://theinspireproject.org/default.asp?contentID=13>>.

⁸⁴ SARA: <<http://www.radio-astronomy.org/>>.

3.6 ESTADO DA ARTE NA RADIOASTRONOMIA

De acordo com os Arquivos Nacionais do *National Radio Astronomy Observatory* - NRAO⁸⁵, dos Estados Unidos, o primeiro curso acadêmico de Radioastronomia foi ministrado por Hendrik C. van de Hulst (1918-2000) em 1950 e foi aplicado novamente em 1951, coincidindo com o mesmo período em que as linhas de emissão do hidrogênio em 21 cm – previstas em 1944 por ele - foram descobertas por Ewen e Purcel. No endereço do NRAO na Internet, podemos encontrar o arquivo em formato *PDF* das notas de aula de van de Hulst, de 1951, “*A Course In Radio Astronomy*”. Em suas primeiras páginas, o professor já adverte sua audiência das enormes dificuldades que fazem do trabalho observacional em Radioastronomia uma espécie de arte, mas, ao mesmo tempo, entender as limitações envolvidas faz parte da correta interpretação das observações (VAN DE HULST, 1951, p. 1).

O estado da arte na Radioastronomia pode ser evidenciado em como os equipamentos são construídos e também em como as medidas são realizadas. Avocar para si o estado da arte em um campo de pesquisa que requer alta tecnologia e conhecimento especializado não é suficiente para confirmar que se chegou a um patamar de excelência. Além da infraestrutura para dar suporte aos equipamentos adequados à pesquisa, os pesquisadores precisam obter o reconhecimento da comunidade científica, com a submissão dos trabalhos científicos para o escrutínio e publicação. Algumas situações ilustrativas em que este estado é atingido:

- A medição das distâncias dos pulsares, envolvendo monitoração da paralaxe anual, e comparação com observações óticas (exemplo, do pulsar em *Crab Nebula*);
- Desenvolvimento de tecnologias para detecção de emissões submilimétricas e milimétricas, para radiotelescópios na Terra e no Espaço (*Max Planck Institute for radio Astronomy*);

⁸⁵ Early Radio Astronomy Courses – Disponível no endereço: <<http://www.nrao.edu/archives/RACourses/RACourses.shtml>>.

- Desenvolvimento de novas técnicas de processamento de imagens, com o que foi chamado de “*Adaptive optics’ for radio astronomy*”⁸⁶, aplicadas no processamento em supercomputadores;
- Programas educacionais “*Astronomy teacher development*” e o “*PULSE@Parkes program*”, do *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation CSIRO*⁸⁷, na Austrália.
- Utilização de interferometria em arranjos de antenas de baixas frequências, bem como em faixas milimétricas.

Outros campos de pesquisa que requerem desenvolvimentos com análise de vastas quantidades de dados, são a busca por inteligência extraterrestre, a busca por exoplanetas, que precisará de técnicas para captar emissões de planetas muito distantes, medição de ondas gravitacionais, monitorando pulsares e buracos negros, por exemplo, e a astrobiologia, com a busca de emissões de moléculas orgânicas. Para que o estado da arte seja atingido, no entanto, é preciso que a formação de profissionais atuantes nesta área seja assegurada. Um dos caminhos é a educação, capaz de mobilizar estudantes a se identificarem com o que faz da Radioastronomia um campo desafiador.

⁸⁶ Pesquisadores franceses impulsionam qualidade de imagem de rádio em vista do telescópio SKA. Disponível em: <<https://www.oca.eu/en/research-oca/410-french-researchers-push-forward-radio-image-quality-in-view-of-the-ska-telescope>>.

⁸⁷ Uso do radiotelescópio Parkes em programa educacional: <<https://www.csiro.au/en/Research/Astronomy/Radio-astronomy/Astronomy-education-programs>>.

CAPÍTULO 4

4 RADIOASTRONOMIA E EDUCAÇÃO

Após estabelecermos um panorama da Radioastronomia, contextualizando-a em termos conceituais, técnicos e de realizações, analisamos sua importância num contexto educacional. Desponta como um campo do conhecimento associado à vanguarda da pesquisa científica, com descobertas relevantes ao desenvolvimento da humanidade, bem como para o conhecimento do ambiente cósmico, de tempos remotos até o presente.

Como a pesquisa radioastronômica se relaciona com a Educação? Assim como a Radioastronomia trouxe novidades que exigiram interpretações e teorias de ponta, unindo o conhecimento clássico e a Física Moderna do século XX, vivemos um período histórico em que os pais, professores e governos se perguntam qual será o melhor caminho que a Educação deverá trilhar para promover a inclusão, motivação, crescimento, autonomia, quando o uso da tecnologia tem gerado incerteza sobre o futuro. Encarar o espírito do tempo tem feito os docentes buscarem recursos e estratégias para melhorar a comunicação entre gerações de professores e estudantes que se percebem distantes, especialmente em ramos do conhecimento considerados áridos como a Física e a Matemática.

No século passado, quando as pesquisas com a Radioastronomia começavam a apresentar resultados das observações do Sol, Lua e Via Láctea, a preocupação em difundir estes conhecimentos nas instituições de ensino já estava presente nas reflexões de van de Hulst (1951) em seus aspectos técnicos e econômicos (quando ainda se buscavam soluções para minimizar interferências nas comunicações via rádio com estudos da ionosfera). Nos aspectos biológicos (perguntavam-se como as tempestades solares poderiam afetar os seres vivos) e filosóficos e científicos, em busca de saber o que estava por vir, com o desenvolvimento tecnológico, com a história da ciência, com o entendimento das coisas do Universo que atrai pessoas de todas as idades à Astronomia. Deixava, então, transparecer certa perplexidade com a Radioastronomia:

Aqui está a história da ciência em construção: um ramo muito jovem da ciência chega rapidamente ao pleno crescimento e é confrontado com um dos campos mais antigos: a astronomia. Não duvidamos que

seja o mesmo sol e a mesma galáxia que observamos com os radiotelescópios (VAN DE HULST, 1951, p. 3)

Este novo olhar não é de confronto, embora no meio acadêmico possa haver competição pela primazia das descobertas. Talvez fosse um olhar que ainda precisava se adaptar aos novos comprimentos de onda para reconhecer os padrões que se apresentavam ao observador ainda não treinado para identificá-los. Em algum momento houve o reconhecimento de que a Radioastronomia desempenhou um papel histórico relevante quando se fala em origem e evolução do Universo, que permitiu termos noção da escala humana frente a acontecimentos remotos. Sua relevância também decorre de estudar fenômenos que podem nos afetar mais diretamente, no Sol, meteoros, asteroides e nos planetas.

Para aproximar estes tipos de estudos, com relevante contribuição científica de outros países, do que é possível realizar no Brasil, resgatamos o que há nas diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN:

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 (PCN+, p. 70-71).

A materialização dos esforços para melhora do processo educacional, com capacitação de professores para lidarem com os estudantes e as indagações sobre seu lugar no Universo, existe em programas como o Mestrado Profissional em Astronomia, MPAstro, na Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS. Outros esforços aqui relacionados são exemplos do que pode ser empreendido como centelha para motivar políticas públicas educacionais mais amplas:

- Programas como o “ASTROEDUCADORES”⁸⁸, plataforma desenvolvida em parceria Observatório Nacional - ON/Museu de Astronomia - MAST, dedicada à Olimpíada Brasileira de Astronomia – OBA.

⁸⁸ ASTROEDUCADORES e a OBA: <<http://www.astroeducadores.on.br/>>.

- Iniciativas como o Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia LINEA⁸⁹, essenciais para pesquisas que costumam gerar grandes volumes de dados, como ocorre na Radioastronomia.
- CRAAM⁹⁰ – que dispõe de programas de mestrado e doutorado com linhas de pesquisa em ciências geoespaciais e aplicações geoespaciais, com produção e pesquisa científica nas faixas de VLF, micro-ondas, radiação THz, e estudos de fenômenos solares. Conta com acervo instrumental de radiotelescópios como o Radiobservatório do Itapetinga, ROI.
- A AEB, Agência Espacial Brasileira, autarquia do Governo Federal, responsável pela formulação, coordenação e execução da política espacial do Brasil, dispõe do programa AEB Escola⁹¹, para estimular atividades práticas. Promove intercâmbios com outras agências.

Após o breve levantamento de instituições públicas e privadas, percebe-se que, no Brasil ainda há pouca informação para o fomento de nichos do conhecimento científico como a Radioastronomia. Além disso, a falta de equipamentos com tecnologia de ponta ou mesmo antigos radiotelescópios para a formação acadêmica de interessados é indício da situação. Com a interrupção do círculo virtuoso que o Brasil vivenciou com a Radioastronomia até cerca de 1990, há a necessidade de se retomar a participação do país em projetos relevantes que se revertam em oportunidades educacionais.

O Relatório da Subcomissão de Radioastronomia da Comissão Especial de Astronomia do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT⁹², elaborado por autoridades da área, do INPE, USP e Mackenzie, reiterou a importância da Radioastronomia para o desenvolvimento estratégico do Brasil em ciência e tecnologia, que poderia fomentar o avanço em áreas de ponta do conhecimento. O documento menciona a necessidade de organizar a Radioastronomia no país para motivar e atrair pesquisadores e ampliar a comunidade no meio acadêmico, advogando a criação de uma política de médio e longo prazo e a participação do Brasil em projetos em parceria com outros países: incluindo o LLAMA, com a Argentina.

⁸⁹ LINEA – para suporte a análises de Big Data: <<http://www.linea.gov.br/>>.

⁹⁰ CRAAM - Pesquisas técnico-científicas de excelência nas áreas de Radiociências: <http://www.craam.mackenzie.br/home_craam.html>.

⁹¹ AEB ESCOLA, possui repositório de materiais didáticos: <<http://aebescola.aeb.gov.br/>>.

⁹² Relatório da Subcomissão de Radioastronomia. Disponível em: <<http://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/rel-radioastronomia.pdf>>.

A formação dos pesquisadores começa com a Educação Básica. E para a educação básica não é viável voltar-se exclusivamente para o estudante com perfil inato de pesquisador, mas deve buscar a integração do ensino de modo a não frustrar o estudante que quer avançar nem sobrecarregar o estudante que não demonstra afinidade com o estudo das Ciências da Natureza.

4.1 CIÊNCIA, TECNOLOGIA, ENGENHARIA, ARTE E MATEMÁTICA

A educação voltada à Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, cuja sigla original em inglês - STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) - é difundida para designar num único termo o que representa a associação com a área de “exatas”, no Brasil. A STEM possui forte apelo à interdisciplinaridade e às atividades práticas quando os estudantes vivenciam o encantamento e o desenvolvimento de habilidades ao construir ou criar atividades, experimentos e se engajar em projetos que envolvem várias disciplinas, estimulam a pesquisa e a colaboração em equipes. Ou quando estão empenhados na elaboração de textos, vídeos, ou na construção de algum artefato com base em conhecimentos prévios e pesquisas, mediados pelos diversos recursos e pelo professor. Há outra designação que inclui também Arte, que será a adotada neste trabalho, com a terminologia STEAM.

A metodologia para a incorporação dos conteúdos de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática envolve um conjunto de disciplinas cujo ensino pode ser beneficiado pela Astronomia e, em particular, a Radioastronomia, reconhecidamente interdisciplinares. Asseguram vasto material com potencial didático para abordagem de toda a vertente STEAM, podendo integrar outras disciplinas, quando há mobilização para a realização de algum projeto. Temos uma noção de conjunto e de integração entre os conhecimentos envolvidos, que se harmonizam para que sejam aplicados em algo que envolve conhecimentos teóricos com implicações na realidade vivida pelos estudantes.

Uma das expressões que se destaca na educação voltada à STEM é “hands on” que podemos interpretar para significar por as “mãos na massa”, que repercute na quantidade de atividades exequíveis. Podemos citar projetos como o Ubatuba Sat⁹³, em

⁹³ Ubatuba Sat: <<http://www.tancredoubatuba.com.br/ubatubasat/index.php>>.

parceria com o INPE⁹⁴, envolveu estudantes de escola pública no lançamento de um satélite artificial experimental. A página do projeto da escola destaca uma aprendizagem voltada à resolução de problemas em que “aprender é construir” e o aprendizado “deve ser coerente e significativo”.

A um conjunto de palavras e expressões associadas à STEAM: motivação, encantamento, modelar o futuro, cidadania, habilidades, resolução de problemas, aprender a aprender, preparação para as novas tecnologias, engajamento, podemos confrontá-las com a realidade das escolas brasileiras que ainda carecem de recursos e dependem da motivação de professores que contornam dificuldades estruturais para aproximar os estudantes de uma sistemática de ensino mais desafiadora e moderna. É uma abordagem que valoriza o processo de aprendizagem, sem abdicar dos resultados, com a participação dos estudantes em sua dinâmica de erros e acertos e buscando encontrar sentido no que se estuda, com o entendimento das aplicações práticas na vida real, cotidiana.

Para aliar-se a esta tendência no ensino, o professor pode começar com os recursos de que dispõe e ampliá-los com a adoção de algum dos Produtos Educacionais propostos nos Roteiros (Apêndice). Supondo-se que os livros didáticos sejam o recurso mais acessível em determinada realidade escolar, estes podem ser pontos de partida para a busca de novas atividades e práticas, como contato inicial aos conceitos e conteúdos de suporte às atividades experimentais realizadas pelos estudantes.

4.2 LIVROS DIDÁTICOS E A RADIOASTRONOMIA

Para entender em que medida os livros didáticos podem desencadear atividades práticas, analisamos os seguintes livros, escolhidos por serem de aplicação recente nas escolas nas aulas de Física. A análise se refere à Astronomia, Radioastronomia e aos conteúdos da Física das ondas eletromagnéticas e ao eletromagnetismo:

- Física Contexto & Aplicações, Editora Scipione, 2014;
- Física 3, Editora Ática, 2014;
- Física Ciência e Tecnologia, Editora Moderna, 2013;
- Física: Interação e Tecnologia, volume 3, Editora Leya, 2016

Também foram consultados:

⁹⁴ Nanossatélite Tancredo-1: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2017/01/satelite-de-estudantes-brasileiros-entra-em-orbita-nesta-segunda-16>>.

- Princípios de Física, Volume 3, Eletromagnetismo, Trilha, 2014;
- Física Moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos. Leya, 2016. 2ª edição.

Os conteúdos de eletromagnetismo tradicionalmente são aprofundados no 3º Ano do Ensino Médio. A Astronomia é utilizada quando os autores dos livros didáticos ilustram aspectos que provoquem a curiosidade dos estudantes e sirvam de exemplos práticos das teorias. A Radioastronomia, com fotos de antenas como a de Arecibo, é uma imagem impactante, porém isoladamente não representará muito para ampliar os conhecimentos do discente se o professor apenas se restringir aos livros didáticos.

Reconhece-se que os livros didáticos possuem limitações de caráter material, em relação aos aspectos editoriais, tendo de conciliar diversas informações e ilustrações de modo que não se tornem ou excessivas – com poluição visual – ou superficiais e fora de contexto. Ainda que as informações relativas à Astronomia pudessem ser mais frequentes, reconhecemos estarem presentes. Ao encontrar determinados tópicos ilustrativos, diagramas ou fotos, o docente poderá utilizar estes elementos como pontos de partida para abordar os conteúdos da Física.

Por exemplo: para trabalhar com as ondas eletromagnéticas e associar este conteúdo com a Radioastronomia, nos livros didáticos pesquisados, foram encontradas referências à utilização das antenas parabólicas, sobre a Radioastronomia, as micro-ondas e ondas de rádio, conforme Quadro 12:

Livro	Capítulo	Referência
Física Contexto & Aplicações Editora Scipione, 2014	Capítulo 8: Indução eletromagnética – Ondas eletromagnéticas	Página 225: ilustração com antenas parabólicas de comunicação com satélites, da estação de Guaratiba, no Rio de Janeiro; Página 249: Micro-ondas – foto de antenas de transmissão e recepção de micro-ondas por satélites, de Itaboraí, Rio de Janeiro;
Física 3 Editora Ática, 2014	Capítulo 8: Ondas eletromagnéticas	Página 175: Ilustração com antena de “um radiotelescópio” – não identificado
Física Ciência e Tecnologia Editora Moderna, 2013	Capítulo 3: Ondas eletromagnéticas	Página 124: foto do radiotelescópio de Arecibo, com a legenda “Transmitindo para o Universo”, menciona o programa SETI (<i>Search for Extraterrestrial Intelligence</i>)
Física: Interação e Tecnologia, volume 3 Editora Leya, 2016	Capítulos 3 e 4: Magnetismo e eletricidade e Energia elétrica: produção e distribuição	Página 173 - 177: o envio de som e imagem a grandes distâncias, antenas de rádio, as radiações eletromagnéticas

Quadro 12 – Ondas de rádio nos livros didáticos

Física Contexto & Aplicações – 320 páginas (80 a mais no manual do professor): os autores buscaram “tornar o estudo da Física interessante e agradável”, com “linguagem que fosse acessível e que não exagerasse no formalismo matemático” (LUZ, ÁLVARES, 2014, p. 3). Estruturado em quatro unidades, com texto de abertura em cada capítulo e materiais de leitura com aplicações da Física, infográficos, atividades de aprendizagem, problemas e testes e aplicações práticas: “Pratique Física”, atividades experimentais de cunho investigativo. A Unidade 3 é dedicada ao eletromagnetismo e em “Ondas Eletromagnéticas”, os conteúdos podem ser integrados, pelo professor, para mediar a utilização dos Produtos Educacionais desta dissertação, inclusive valendo-se dos tópicos do livro para motivar pesquisas complementares na biblioteca ou na Internet.

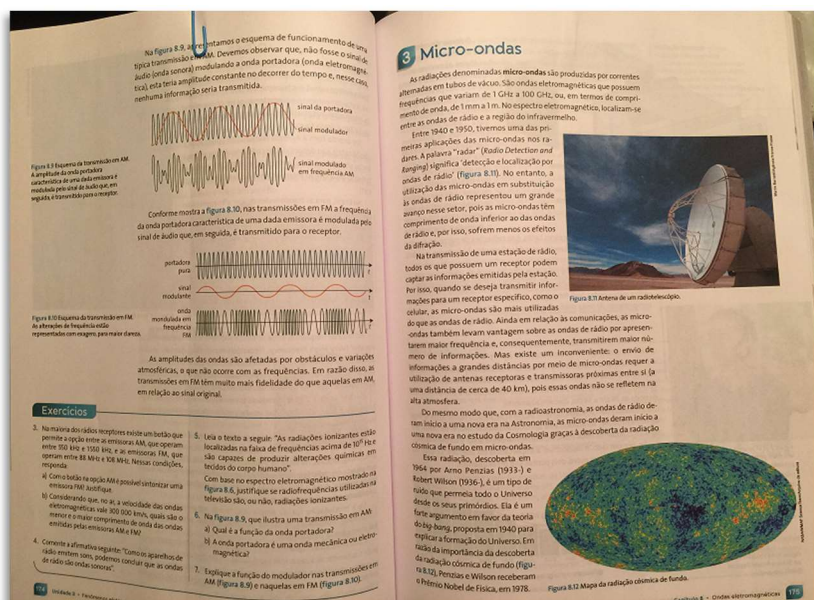
No Manual do Professor, faz referência aos PCN, LDB e ENEM e, dentre outros aspectos, menciona o necessário acesso às informações de ciências naturais e tecnologia. Realça a importância das atividades experimentais (p. 332-338) e incentiva o professor a reservar especial atenção ao capítulo do Eletromagnetismo e das ondas eletromagnéticas, reconhecendo a importância do trabalho de Maxwell.

Física 3 – 296 páginas (112 do Manual do Professor): os autores propõem levar a Física aos estudantes incluindo os caminhos para “trabalhar os fenômenos naturais envolvidos, descritos e explicados, agregando a linguagem, a escrita, a razão, a lógica e a matemática” (GUIMARÃES, PIQUEIRA, CARRON, 2014, p. 3). São quatro unidades, apresentadas com infográficos para uma apresentação geral do assunto, contexto histórico, aplicações tecnológicas dos conteúdos, biografias, questões geradoras de reflexões sobre conhecimentos prévios, contextualização com o mundo atual, exercícios e experimentos, a serem realizados em sala de aula, laboratório ou em casa. Unidade 3, “Fenômenos eletromagnéticos e a sociedade moderna”: com Ondas eletromagnéticas no Capítulo 3, possui conteúdos pertinentes para trabalhar com os Produtos Educacionais, desde o Experimento de Hertz, até o Simulador de RCFM, Figura 21.

No Manual do Professor também mencionam os PCN, o ENEM, temas transversais e, dentre outros aspectos, apresenta duas categorias de benefícios de saber Física que justificam seu ensino: uma “trata da interação do indivíduo com o meio em que vive, representada pela alfabetização *tecnocientífica*, e a segunda está ligada ao seu desenvolvimento cognitivo” (2014, p. 307). Há algumas orientações para abordagens do

eletromagnetismo com estratégias que podem ser incorporadas aos experimentos com os Produtos Educacionais.

Figura 21 – Exemplo de livro didático com ilustrações de ondas eletromagnéticas, radiotelescópio ALMA e RCFM



Fonte: GUIMARÃES, PIQUEIRA, CARRON, 2014, p. 174-175

Física Ciência e Tecnologia – 320 páginas (120 páginas a mais no material para o professor), estruturado em duas unidades e oito capítulos. Os autores propõem ao estudante incrementar a sua “vontade de adquirir novos conhecimentos, ajudar a desenvolver sua habilidade para trabalhar em equipe e sua autonomia para expor de forma clara suas opiniões e convicções” (TORRES et. Al, 2013, p. 3). O capítulo 3 – Ondas Eletromagnéticas - apresenta biografia de Maxwell, de Hertz, apresenta Marconi e todos os conteúdos e aplicações em diversas tecnologias que estão associadas aos Produtos Educacionais. O Suplemento para o Professor também registra a observância aos PCN e a promoção do desenvolvimento de competências relacionadas à representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sociocultural. No Capítulo 8, Tecnologia das Comunicações, também há conteúdos que podem ser aplicados com o uso dos Produtos Educacionais. Nas orientações para o capítulo 3, uma atividade proposta refere-se à Radioastronomia e sugere atividade de pesquisa em grupo, para “descobrir como a Radioastronomia faz uso dos diferentes tipos de ondas eletromagnéticas” (p. 131). Ao professor, os autores do livro sugerem os sítios da Internet do CRAAM e do INPE. Também há sugestão para a montagem de um

rádio de galena. Para estas duas sugestões do livro, os dois produtos educacionais Telescópio Banda Ku e Rádio de galena Adaptado são indicados.

Física: Interação e Tecnologia – 304 páginas, (64 páginas com orientações ao professor), são quatro capítulos que tratam de eletricidade, magnetismo e física moderna. Os autores demonstram preocupação com os rumos que o conhecimento pode tomar, para o bem ou para o mal, como no caso das guerras e entendem que eventos como a Segunda Guerra Mundial fizeram a ciência ser vista com “admiração e temor” (GONÇALVES FILHO & TOSCANO, 2016, p. 13). Apesar de o livro não dedicar um capítulo ao eletromagnetismo, os conteúdos relativos a capacitores, no Capítulo 2, e sobre magnetismo e eletricidade no Capítulo 3, bem como no Capítulo 4, Energia elétrica: produção e distribuição, fornecem materiais que poderão ser aprofundados pelo professor, como elementos iniciais de abordagem dos assuntos relacionados aos Produtos Educacionais. A Astronomia também não é utilizada para complementar conteúdos presentes, mesmo os autores citando o livro 2001, Uma Odisséia no Espaço, no prólogo, de modo que o professor deverá fazer, ele mesmo, as pontes entre conhecimentos.

Princípios de Física, 221 páginas e apêndices, com textos com o objetivo de apresentar aos estudantes conceitos e princípios básicos da Física com aplicações relacionadas ao mundo real. O livro apresenta ao estudante a importância de entender bem os conceitos antes de tentar resolver os exercícios de Física, apresenta alguns textos para informações históricas e teóricas e é rico em resolução de problemas.

Física Moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos, 2ª edição, 588 páginas. Abordagens das Equações de Maxwell (p. 148), o efeito Doppler (p. 192), As leis de Faraday (p. 223), a radiação do corpo negro (p. 291), são tópicos da Física abordados neste livro, que também podem ser tratados com os Produtos Educacionais.

Fonte: Livros didáticos de referência ao estudo realizado

Atividades propostas no Livro	Exemplo de Produto Educacional relacionado
Livro Física Contexto & Aplicações:	
“Pratique Física” (p. 259), proposta de experimentos com corrente induzida	Simulador de Pulsar (cujo funcionamento deve-se à indução de imãs em movimento próximos a uma bobina. Com amparo nos conteúdos das p. 223-235, Indução Eletromagnética)
Livro Física 3:	

“Exercício resolvido” (p. 277), questionamentos sobre a idade do Universo	Simulador RCFM (que trata dos aspectos da criação do Universo e do Big Bang, relacionado ao conteúdo das p. 273-279, “O Universo”)
Livro Física Ciência e Tecnologia:	
“Atividade em grupo” (p.131), proposta de pesquisa sobre “como a Radioastronomia faz uso dos diferentes tipos de ondas eletromagnéticas para estudar e entender o Universo”	Experimento de Hertz (relacionado aos conteúdos das p. 128-130, menciona Hertz e o espectro eletromagnético); Rádio de Galena Adaptado (cujo funcionamento está relacionado ao conteúdo “Ondas de Rádio”, p. 128 - 131; -174)
Livro Física: Interação e Tecnologia:	
Constante do boxe de leitura, páginas 173 a 177, que menciona o eletromagnetismo	Experimento de Hertz e Rádio de Galena Adaptado (por mencionar Maxwell, Hertz, espectro eletromagnético e aspectos históricos)

Quadro 13 - Levantamento de atividades que podem ser utilizadas, por livro didático

A amostragem das atividades práticas, exercícios e pesquisas propostas nos livros didáticos analisados, Quadro 13, evidencia que podem ser efetivamente relacionados e utilizados pelo professor com os Produtos Educacionais (descritos no Capítulo 5) desenvolvidos nesta Dissertação.

4.3 MATERIAIS COMPLEMENTARES PARA A PESQUISA DO PROFESSOR

Quando o professor decidir utilizar os conhecimentos oriundos da Radioastronomia para ampliar o repertório de informações dos estudantes, deverá considerar que muitos deles já saibam de algum aspecto, mesmo com informações do senso comum, e estas informações deverão ser um recurso a mais para enriquecer as aulas. Muito do que os estudantes já sabem, é proveniente de informações divulgadas na mídia convencional de rádio e TV, nos portais da Internet e vídeos online, bem como de filmes de ficção científica e documentários.

É interessante que o professor também conheça este repertório, atualizando-se, sempre que possível, com as informações de interesse dos estudantes, desde as que fazem parte do senso comum, para que estas sejam pontes para os conhecimentos produzidos cientificamente, até as informações de interesse científico e educacional para sua própria formação. Algumas sugestões de livros, filmes, documentários, sítios da Internet, projetos, foram relacionados como exemplo de ponto de partida para que o

professor incrementa o seu repositório de informações motivadoras, comece a organizar uma biblioteca de livros, artigos, arquivos em “pdf”, vídeos relevantes e que estimulem outras pesquisas para os estudantes. Alguns exemplos no Quadro 14:

Fontes: Citadas nas Notas de Rodapé

TIPO DE RECURSO	EXEMPLOS
LIVROS	<p>Contato - de Carl Sagan</p> <p>História da Astronomia no Brasil (2013): organizado pelo professor Oscar T. Matsuura, em dois volumes</p> <p>No Reino dos Astrônomo Cegos - de Ulisses Capozzoli</p> <p>O Céu que nos Envolve: Introdução à astronomia para educadores e iniciantes: Publicado pela Odysseus Editora Ltda. e CNPq - IAG⁹⁵</p>
REVISTAS	<p>Caderno de Física da UEFS⁹⁶</p> <p>Projeto PARTNeR⁹⁷</p> <p>Revista Brasileira de Ensino de Física⁹⁸</p> <p>Revista A Física na Escola⁹⁹</p>
VÍDEOS TED – pesquisa de vídeos de Radioastronomia (radio astronomy)	<p>Honor Harger – “<i>A history of the universe in sound</i>”</p> <p>Dra. Natasha Hurley-Walker – “<i>How radio telescopes show us unseen galaxies</i>”</p> <p>Wanda Diaz Merced – “<i>How a blind astronomer found a way to hear the stars</i>”</p>
VÍDEOS YOUTUBE – Canais com informações sobre Radioastronomia	<p>Céu da Semana¹⁰⁰</p> <p>Khan Academy em Português¹⁰¹</p>
FILMES	<p>Contato – adaptação do livro de Carl Sagan</p> <p>The Dish – Parkes e o Projeto Apollo</p>
SÍTIOS NA INTERNET	<p>Projeto CLEA¹⁰² (<i>Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy</i>)</p> <p>GRAF¹⁰³ – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física</p> <p>Missão Garatêa¹⁰⁴ – “Busca Vidas” é o que significa <i>garatêa</i> em Tupi-Guarani</p> <p>CiS – Cube in Space – Programa educacional com parceria da NASA e empresa Idoodle Learning¹⁰⁵, SSEP – Student Spaceflight Experiments Program¹⁰⁶</p>

⁹⁵ Edição em “pdf”: <<http://www.astro.iag.usp.br/OCeuQueNosEnvolve.pdf>>.

⁹⁶ Mais informações sobre a publicação do DFIS: <<http://dfis.uefs.br/caderno/>>.

⁹⁷ Revista PARTNeRAMa: <<http://partner.cab.inta-csic.es/index.php?Section=PARTNeRama>>.

⁹⁸ <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/>>.

⁹⁹ A Física na Escola (FNE): <<http://www1.fisica.org.br/fne/>>.

¹⁰⁰ Canal do Youtube da UFScar: <<https://www.youtube.com/playlist?list=PL8C28045FAE408575>>.

¹⁰¹ Canal da Khan Academy em Português: <<https://www.youtube.com/user/KhanAcademyPortugues>>.

¹⁰² Project CLEA: <<http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/cleahome.html>>.

¹⁰³ Materiais adicionais em “Leituras em Física”: <<http://www.if.usp.br/gref/pagina01.html>>. Acesso em .

¹⁰⁴ A revolução do acesso de baixo custo ao Espaço: <<http://www.garatea.space/>>.

¹⁰⁵ Preparando estudantes para o século 21: <<http://idoodlelearning.com/#main>>.

¹⁰⁶ Sobre o SSEP: <<http://ssep.ncesse.org/about-ssep/>>.

PROGRAMAS ESPACIAIS	ALMA – educação no portal do ESO ¹⁰⁷
	AEB ¹⁰⁸ – a Agência espacial Brasileira
	CSIRO ¹⁰⁹ – (<i>Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation</i>)
	NASA ¹¹⁰ – em seu portal possui materiais educacionais

Quadro 14 – Sugestões de recursos complementares para o professor

Alguns projetos como o brasileiro Missão Garatêa e o internacional *CiS Cube in Space* são exemplos de atividades em que o professor e os estudantes podem se engajar para serem participantes de um contexto mais amplo de educação voltada à Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM - *Science, Technology, Engineering and Mathematics*), com estímulo à criatividade dos estudantes com a Pesquisa Espacial. São oportunidades concretas de participar de atividades que podem resultar na produção de artefatos que podem ser, de fato lançados ao Espaço, como o CiS e, quem sabe, fomentar o intercâmbio com projetos educativos internacionais.

Algumas das principais agências espaciais do mundo possuem programas de divulgação científica, fruto das políticas educacionais dos respectivos países, com vasto material de pesquisa disponível na Internet. Nesta seção, exemplificamos alguns deles, que foram fonte de informações bibliográficas e inspiraram as atividades propostas nos Roteiros dos Produtos Educacionais.

4.4 POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL

Até 1961, o ensino de temas relacionados à Astronomia, na Educação Básica, estava mais restrito à Geografia e à Física. A partir de então, com a LDB (Lei de Diretrizes e Bases), a primeira em 1961 (Lei 4024/1961), amplia-se a obrigatoriedade do ensino de Ciências Naturais a todas as séries ginasiais (LEITE et. al, 2013, p. 564). Com as mudanças nas décadas de 1960 a 1990, surgem estudos e projetos brasileiros de ensino de Astronomia e, à época, dissemina-se também a valorização da

participação mais ativa do estudante no processo de aprendizagem e foram implementados diversos projetos de ensino com ênfase na realização de atividades experimentais em laboratório, passando a se considerar que o objetivo fundamental do ensino de ciências seria a vivência do método científico (LEITE et. al, 2013, p. 564)

¹⁰⁷ Materiais educacionais do ALMA: < <http://www.eso.org/public/products/education/>>.

¹⁰⁸ Portal da AEB: < <http://www.aeb.gov.br/>>.

¹⁰⁹ Programas educacionais do CSIRO: < <https://www.csiro.au/en/Education> >.

¹¹⁰ Materiais educacionais da NASA: < <https://www.nasa.gov/audience/foreducators/index.html>>.

Já havia a inclusão de conteúdos de Astronomia, influenciada por projetos curriculares estrangeiros, com a crescente preocupação de se investigar os conhecimentos prévios dos estudantes. O ensino de ciências e demais conteúdos, como parte de um conjunto maior de conteúdos do Ensino Médio deveria deixar de ser apenas uma etapa para o nível superior, constituindo-se numa preparação para a vida, a cidadania, sendo necessária uma articulação conduzida pelas escolas para a formação dos estudantes numa “nova escola” (PCN+, p. 9). Essas demandas, na narrativa de documentos oficiais, exigia que os projetos pedagógicos escolares fossem reformados. É nesse espírito que foram publicados os Parâmetros Curriculares Nacionais.

À LDB de 1996, (Lei 9394, de 20/12/1996¹¹¹), seguiu-se a elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN (BRASIL, 1997), com finalidade de criar diretrizes para os currículos da educação básica. Os PCN do Ensino Médio foram complementados em 2002 com os PCN+. Em análise de LEITE et. al (2013, p. 565-566), vemos que “é possível caracterizar o ensino de Astronomia proposto para a educação básica no âmbito nacional desde o fim da década de 1990 até 2013”. Nesta caracterização, os autores advertem para a grande amplitude e profundidade de temáticas, o que exigirá melhoras na formação dos professores.

A formação dos professores é um dos pontos cruciais das políticas públicas, quando se considera a complementação para os profissionais do magistério (iniciativas como o PARFOR¹¹²), graduações em cursos de licenciatura, as formações posteriores, denominadas de “formação continuada”, com esta designação porque o processo formativo nunca se encerra e é concomitante ao exercício profissional. A LDB mais recente contempla a Astronomia em termos genéricos, justificando maiores investimentos em programas como os de especialização da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, os mestrados profissionais, a exemplo do MPAstro, da UEFS.

Modificada em 2017¹¹³, a última LDB, sofreu alterações na carga horária, de 800 para 1.400 horas, mudança que deverá ocorrer gradualmente. A adoção da Base

¹¹¹ Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>.

¹¹² Formação de professores da Educação Básica: <<http://www.capes.gov.br/educacao-basica/parfor>>.

¹¹³ Mudanças no Ensino Médio: <<http://www.brasil.gov.br/educacao/2017/02/conheca-as-mudancas-que-ocorrerao-no-ensino-medio>>.

Nacional Comum Curricular (BNCC)¹¹⁴, que ainda está em processo de aprovação, afeta 60% da carga horária, e o restante com disciplinas escolhidas pelo estudante em alguma de suas áreas de interesse: linguagens, matemática, ciências da natureza, ciências humanas e formação técnica e profissional. Possibilidade de formação técnica, com organização dos currículos feita pelos Estados e DF.

A BNCC¹¹⁵ está em processo de aprovação pelo Conselho Nacional de Educação – CNE (reuniões com calendário para o segundo semestre de 2017¹¹⁶), e em seu texto de apresentação menciona a responsabilidade da União em revisar a formação inicial e continuada de professores e acentua que os conteúdos curriculares estejam a serviço do desenvolvimento de competências (BRASIL, 2017, p. 15). De acordo com o MEC, ao final deste processo, deverão ser definidos: orientações de base para currículos e propostas pedagógicas de escolas públicas e privadas; políticas para a formação de professores, os materiais didáticos e as avaliações.

Com a aprovação da BNCC ainda indefinida, opta-se por continuar a considerar como diretrizes válidas aquelas constantes nos PCN, com recomendações de abordagem dos conteúdos do ponto de vista do desenvolvimento de competências (PCN+ Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias) para balizar o que ensinar de Física com o uso dos Produtos Educacionais.

¹¹⁴ BNCC, para nortear os currículos da educação básica: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. (20/07/2017)

¹¹⁵ Documento da BNCC, na íntegra: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCCpublicacao.pdf>>

¹¹⁶ Calendário de audiências públicas CNE: <<http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc>>.

CAPÍTULO 5

5 REVISÃO DE LITERATURA – APRENDIZAGEM

Para Novak e Gowin, ao refletirem sobre maneiras de ajudar os indivíduos na construção de "significados novos e mais poderosos", "a aprendizagem humana conduz a uma mudança no significado da experiência" (1984, p. 13), ao tempo em que defendem que os programas educativos devem fornecer aos estudantes a base necessária para relacionarem os conhecimentos novos aos que já sabem, de modo a haver um reforço afetivo com a experiência de aprender. O mesmo ocorre na elaboração deste trabalho de pesquisa.

A busca por elementos que fundamentem estratégias de aprendizagem na escola motivou a organização das informações pesquisadas, encontrou respaldo em livros como Fundamentos de Metodologia Científica (LAKATOS, MARCONI, 2010), especialmente quando a revisão bibliográfica é realizada por meio da leitura de estudo ou informativa. O esforço para otimizar a leitura de modo a reconhecer as fontes relevantes e interpretar os textos, imagens, diagramas, vídeos, corretamente, conduziu à busca de informações complementares ao objeto de pesquisa, como as noções de análise de conteúdo, considerando a expressão que define “o analista é um arqueólogo” (BARDIN, 2016, p. 45) em busca de ideias.

O grande desafio deste trabalho reside nesta harmonização de conhecimentos de diversas fontes de referência. Pensamos na ciência, e na busca de argumentos que melhorem o seu entendimento para que seja valorizada nas escolas. Com a consciência de que a fragmentação das informações é um risco que também pode afetar as atividades docentes, e resultar em maior fragmentação no próprio pensamento dos estudantes, são válidas as estratégias para minimizar possíveis efeitos negativos da compartimentação dos conhecimentos.

Reconhece-se a pertinência de se buscar “conceitos unificadores”¹¹⁷ (ANGOTTI, 1993, p. 191-198), aqueles tipos de conceitos “que podem dirigir as totalidades, sem descaracterizar as necessárias fragmentações. Unificadoras porque aplicadas, em larga escala, nos escopos das Ciências Naturais” (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 278), quais sejam: Transformações: em qualquer tipo de matéria, espaço e tempo. Regularidades: categorizam e agrupam as transformações com

¹¹⁷ Conceitos Unificadores e Ensino de Física: <http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol15a20.pdf>

regras, semelhanças, ciclos, repetições, conservações. Energia: incorpora Transformação e Regularidades, acompanhada de linguagem matemática, transforma-se na linguagem mutável dos objetos, fenômenos, sistemas. Escalas: enquadra os eventos estudados nas mais distintas dimensões. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 279-280).

Lidar com repertórios tão diversificados e manter a atenção e o interesse dos estudantes pelos conteúdos é um desafio nas aulas de Física. O enriquecimento das aulas com os experimentos que propomos na Metodologia não pode ocorrer unilateralmente. Por isso, os estudantes devem se tornar sujeitos do ato da aprendizagem, devem começar a entender como eles podem colaborar para “aprender a aprender” entendendo que estarão contribuindo para seu próprio crescimento. Daí encontramos referências à metacognição¹¹⁸ para tratar da nossa capacidade de reflexão sobre o próprio ato de aprender. Destacamos uma definição de que a

Metacognição é o conhecimento que o sujeito tem sobre seu conhecimento e a capacidade de regulação dada aos processos executivos, somada ao controle e à orquestração desses mecanismos. Nesse sentido, o conceito compreende duas componentes: o conhecimento do conhecimento e o controle executivo e autorregulador. (ROSA, ALVES FILHO, 2013, p. 109)

Ao perceber-se sujeito na realização de um experimento, o estudante estará confrontando mentalmente o que ele sabe com o que está testemunhando acontecer. Assim, estará operando o “conhecimento do conhecimento” e reavaliando dinamicamente as diversas informações e conceitos envolvidos na atividade. Ao construir um artefato e testá-lo, precisará avaliar a todo tempo soluções para problemas que surgirão e, sendo cada Produto Educacional um artefato que existe em função de algum conteúdo científico relevante, a sua operacionalização se relacionará a conceitos da Física Clássica e Moderna aplicados no Ensino Médio. Para fundamentação teórica, buscamos referências na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, complementando seu estudo com Novak, Gowin e Moreira.

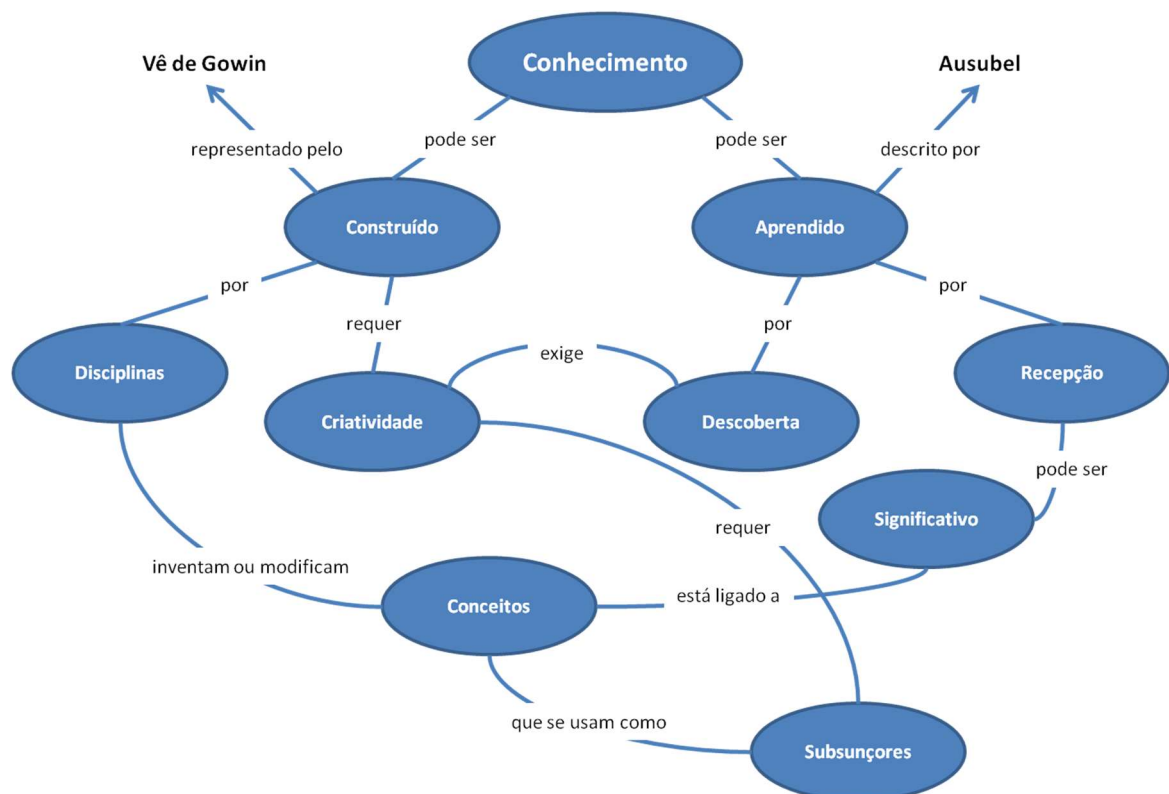
Algumas diretrizes para o ensino da Física estão na esfera de atuação da organização escolar, com a participação dos professores e suas ações de currículo, para a estruturação do seu programa de ensino, conforme os temas conceituais propostos. Por outro lado, parte do esforço para que haja sentido e se obtenha êxito nas atividades

¹¹⁸ Metacognição: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v15n1/1983-2117-epec-15-01-00095.pdf>>

propostas depende dos estudantes. Por este motivo, também é importante entender que o estudante é sujeito do ato de aprender e é capaz de refletir sobre esta experiência personalíssima.

No estudo da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel temos uma das definições do autor, citado por Moreira, de que a aprendizagem é “um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo” (MOREIRA, 2011, p. 17). A informação nova interagirá com a estrutura de algum conhecimento específico e a este conhecimento específico pré-existente ele denominou de *subsunçor*. São estes conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva que poderão auxiliar na assimilação de novos conceitos e na criação de novos subsunçores para ancorar a evolução do conhecimento.

Figura 22 – Mapa Conceitual com a aquisição e construção do conhecimento



Fonte: Adaptado de NOVAK; GOWIN, 1984, p. 18

No processo de aprendizagem, compartilhamos significados que podem mudar o nosso entendimento da experiência vivida. Podemos esquematizar as ideias sobre a aprendizagem, a aquisição do conhecimento construído e aprendido, com a adoção dos Mapas Conceituais e dos Diagramas em Vê de Gowin, a partir da visão de Novak da Teoria de Ausubel, no Mapa Conceitual da Figura 22.

Adepto dessa teoria, Novak propõe utilizarmos Mapas Conceituais, os diagramas hierárquicos que derivam da organização conceitual de uma disciplina (MOREIRA, 2011, p. 51), como ferramenta poderosa para lidar com informações na estruturação da aprendizagem. Também são propostos os Diagramas Heurísticos em Vê (de Gowin), que auxiliam no processo de descoberta. Em sua concepção, “a aprendizagem é pessoal e idiossincrásica; o conhecimento é público e compartilhado” (NOVAK, 1984, p. 21). De modo que, as mesmas experiências vivenciadas por sujeitos diferentes podem guardar significados próprios a cada um: professores e estudantes.

5.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Estudar Física no Ensino Médio requer do estudante o desenvolvimento de competências específicas para lidar “com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos” (BRASIL. PCN+, p. 59). O estudante resgatará conhecimentos apreendidos durante sua vida escolar que darão suporte à aprendizagem de aplicações práticas à Matemática, por exemplo. De modo análogo, o pesquisador ao elaborar uma dissertação, recorre ao que já sabe e à pesquisa de referência.

Para que a aprendizagem seja significativa, em sua teoria, David Ausubel recomenda que o professor conheça o estudante, chegando a afirmar que “se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aluno já sabe. Averigue isto e ensine o aluno em conformidade” (AUSUBEL, 1968 (2.a edição 1978), apud NOVAK, 1984, p. 56).

Ausubel, em seu livro *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*, defende que a aprendizagem significativa se dá por recepção, sendo este um processo que exige a participação ativa do aprendiz. Considera a aprendizagem por descoberta “uma técnica de instrução auxiliar útil em determinadas situações educacionais e é necessária quer para o desenvolvimento de capacidades de resolução de problemas” (2003, p. 50), quer para o estudante aprender como descobrir novos conhecimentos. Admite haver inadequações ao ensino expositivo (AUSUBEL, 2003, p. 6-7) o que leva os estudantes a aprenderem prioritariamente por memorização.

A memorização é importante na aprendizagem, desde que o aprendiz tenha maior persistência na vida do estudante, escapando da armadilha de ser uma aquisição transitória, apenas para responder às avaliações.

No Capítulo 7, o autor analisa a prática, fatores de motivação e os exercícios na aprendizagem e retenção significativas, envolvendo a necessidade de repetições dos conteúdos, e de que forma estas revisões devem ser espaçadas. Podem ser logo depois da aprendizagem inicial, ou mais tarde, após um esquecimento maior do conteúdo. Ao considerar que a aprendizagem é um “processo suplementar ou gradual” (AUSUBEL, 2003, p. 183) também enumera quatro formas em que a prática modifica a estrutura cognitiva melhorando a aprendizagem e a retenção significativas:

- 1 Aumenta a força de dissociabilidade dos significados recentemente adquiridos numa determinada experiência e facilita, assim, a retenção dos mesmos.
- 2 Melhora a capacidade de resposta significativa do aprendiz a apresentações subsequentes do mesmo material (‘efeito sensibilização’).
- 3 Permite ao aprendiz tirar vantagem do esquecimento interexperiências (‘efeito de imunização’), ficando consciente dos fatores negativos que o causam e evitando-os ou contra-atacando-os, de modo apropriado.
- 4 Facilita a aprendizagem e a retenção de novas tarefas de aprendizagem relacionadas. (AUSUBEL, 2003, p. 184)

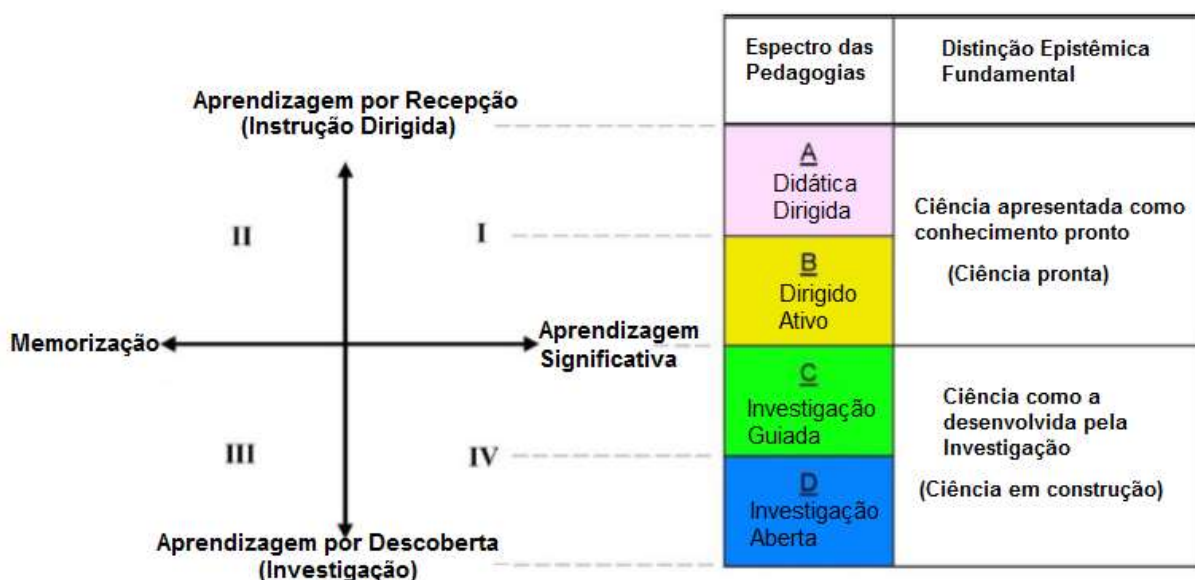
As reflexões de Ausubel sobre atividades práticas ajudam no desenvolvimento dos Produtos Educacionais, instrumentos não somente para demonstração de alguma teoria da Física, também influenciadores para o aumento da estabilidade e clareza dos novos significados (AUSUBEL, 2003, p. 184) que são aprendidos, aí incluindo-se os conceitos e as vivências nas atividades compartilhadas com os outros estudantes e a participação do professor eventualmente orientando o caminho das descobertas que se espera suceder com os experimentos. Quanto aos “exercícios laboratoriais” (AUSUBEL, 2003, p. 194-195) o autor adverte para que as atividades propostas e efetivadas na sala de aula não se transformem em mera formalidade, uma maneira de seguir passo a passo procedimentos, como a uma “receita de bolo”, sem refletir sobre o que de fato está ocorrendo, porque

A resolução de problemas e os exercícios laboratoriais não são inerentes nem necessariamente significativos e podem levar a pouca ou nenhuma aprendizagem e retenção significativas, se o mecanismo de aprendizagem do estudante consistir, simplesmente, em memorizar

problemas ‘tipo’ ou técnicas de manipulação de símbolos. (AUSUBEL, 2003, p. 194)

Ausubel também chama a atenção de que o “método da descoberta” é diferente das descobertas dos cientistas e dos eruditos, sendo uma espécie de descoberta forjada em uma estrutura concebida para que o estudante chegue à descoberta que se espera. E reforça a importância do tempo dedicado às atividades, e do amadurecimento cognitivo do estudante. Ausubel também advertiria que a atividade prática sem envolvimento cognitivo não levaria a uma aprendizagem significativa.

Figura 23 – Quadrantes de Aprendizagens: a aprendizagem significativa nos quadrantes I e IV



Fonte: Adaptado de COBERN et al. 2013, p. 4

Na busca de um caminho que seja relevante para este processo, podemos refletir em quais direções pode seguir o aprendiz, ilustrado na Figura 23. Os quadrantes I, II, III e IV representam várias combinações possíveis de resultados de aprendizagem e tipo de instrução. A busca da aprendizagem significativa implica um enfoque nos quadrantes I e IV tanto na instrução dirigida como na investigação (COBERN et al. 2013, p. 4). Também é necessário diferenciar aprendizagem significativa daquela que prioriza a memorização (ou aprendizagem mecânica).

A memorização é o recurso de guardar informações de modo literal, aplicá-las em situações conhecidas e provavelmente descartá-las pouco tempo depois. Com a aprendizagem significativa há um processo de negociação de significados – do que o

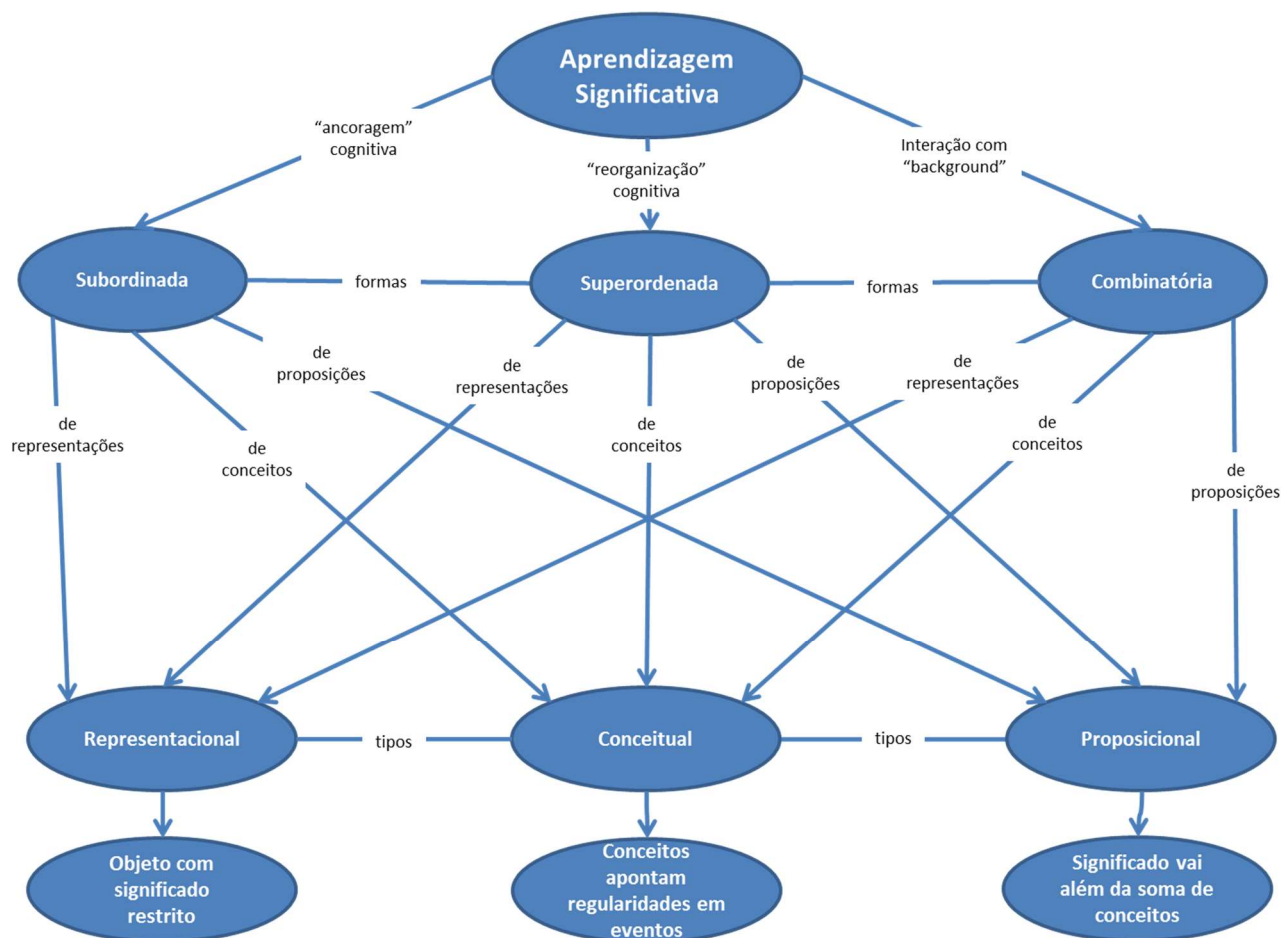
estudante já sabe com o novo conhecimento - de modo progressivo, priorizando a compreensão e a aplicação dos conhecimentos adquiridos em situações novas. Como partimos do pressuposto de que aprendemos a partir do que já sabemos, estes saberes podem ser a âncora para novos conhecimentos, e neste processo o conhecimento que serviu de ancoradouro também se modifica (MOREIRA, 2013, p. 6).

Podemos destacar três formas de aprendizagem significativa. Aprendizagem significativa **subordinada**: é a mais comum e caracteriza-se pela interação entre os conhecimentos novos e os prévios, com a subordinação dos novos conhecimentos aos prévios. Este processo, associado à predisposição para que haja a interação, é fundamental para a aprendizagem significativa. Resumidamente, um novo conhecimento interage com um conhecimento prévio relevante. Assim, o novo conhecimento adquire significado para o sujeito e o conhecimento prévio fica mais elaborado, claro, diferenciado, inclusive para ser o subsunçor de outros conhecimentos. Na fase chamada de “retenção”, o novo conhecimento será utilizado pelo sujeito com todas as suas características, mas, ao mesmo tempo, começa o processo de obliteração, ou de esquecimento, de modo que aprendizagem significativa não quer dizer que nunca esqueceremos a informação. Por outro lado, o esquecimento não é total porque o novo conhecimento havia modificado o subsunçor e será possível a reaprendizagem, mais rápida e facilmente (MOREIRA, 2013, p. 8).

Aprendizagem significativa **superordenada**: ocorre quando o sujeito percebe relações cruzadas, não apenas de subordinação, percebendo diferenças e semelhanças entre os conhecimentos, reorganizando-os. Este processo nem sempre ocorre naturalmente e é tarefa do professor em algum momento chamar a atenção dos estudantes para estes aspectos (MOREIRA, 2013, p. 8-9).

Aprendizagem significativa **combinatória**: este é o caso menos frequente, quando o novo conhecimento é construído pela interação com um ampla combinação de conhecimentos prévios, que se dá quando da aprendizagem de uma equação, por exemplo (MOREIRA, 2013, p. 8).

Figura 24 – Mapa conceitual dos tipos de aprendizagem significativa



Fonte: Adaptado de MOREIRA, 2013, p. 10

O Mapa Conceitual da Figura 24 destaca as formas: Subordinada, Superordenada e Combinatória e os tipos: Representacional, Conceitual e Proposicional. Convém perceber como há diversas possibilidades de interligação entre as formas e tipos de aprendizagem significativa que se desdobram em dois processos importantes da teoria de Ausubel: a **diferenciação progressiva** e a **reconciliação integrativa**, que repercutem no modo como o professor atuará, pois

ao usar a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa como princípios programáticos começa-se com o mais geral, mais inclusivo, mas, logo em seguida apresenta-se algo mais específico, relacionando-o com o geral, chamando atenção para diferenças e semelhanças, mostrando como o novo se relaciona com o inicial geral e com outros tópicos abordados. É um descer e subir nas hierarquias conceituais da matéria de ensino (MOREIRA, 2013, p. 14).

Nessa dinâmica, Ausubel também propõe os **organizadores prévios**, que são estratégias de que o professor se vale para estabelecer pontes entre o que o estudante já sabe e o que precisaria saber para que pudesse aprender significativamente um conhecimento (MOREIRA, 2013, p. 6). São exemplos de organizadores prévios os vídeos, as histórias, uma simulação, a elaboração de um mapa conceitual.

5.2 MAPAS CONCEITUAIS E DIAGRAMAS HEURÍSTICOS EM VÊ

Adepto da aprendizagem significativa, Novak propunha o uso de facilitadores como os Mapas Conceituais. O autor nos lembra da importância de os professores considerarem os aspectos idiossincráticos do estudante, suas heranças culturais, experiências passadas, específicas de cada indivíduo (NOVAK, 1981, p. 101). Relembramos o prefácio do livro *Aprender a Aprender*: “Quando os estudantes aprendem acerca da aprendizagem da maneira que recomendamos, podem encarregar-se da sua própria aprendizagem” (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 14) cabendo ao professor a responsabilidade pelo processo de ensino.

Para saber o que o estudante conhece, os Mapas Conceituais são recomendados por Novak como instrumentos “simples e funcionais” (1984, p. 56). Os mapas acessam diretamente a estrutura cognitiva dos estudantes permitindo que exteriorizem o que já sabem. Estudante e professor perceberão este acontecimento: o estudante para ter uma estratégia a mais de aprendizagem, o professor um recurso de avaliação. Os mapas conceituais e os diagramas em vê são recomendados para melhorar e organizar o pensamento.

No livro *Aprender a Aprender*, *conceito* é definido como “uma regularidade nos acontecimentos ou nos objetos que se designa por um certo termo” (1984, p. 20). Os autores apontam a importância das experiências pessoais e idiossincráticas no processo de aprendizagem e conceituam a educação como “o processo através do qual procuramos ativamente mudar o significado da experiência” (1984, p. 21). Há uma série de vídeos publicada no canal do *Cmap Tools*¹¹⁹, no *Youtube*, com explicações de Novak a respeito dos Mapas Conceituais.

A adoção dos mapas conceituais é defendida por estudiosos da aprendizagem significativa como Marcos Antônio Moreira, para quem podem ser facilitadores da

¹¹⁹ Canal do Youtube - Cmap Tools:
<<https://www.youtube.com/channel/UCkXvuFcmEr8XuLWgLS2O4ng/feed>>.

aprendizagem, úteis como recursos de avaliação e para a própria análise conceitual do que se estuda (2013, p. 1). Em sua concepção original

Os mapas conceituais têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Uma proposição consiste em dois ou mais termos conceituais ligados por palavras de modo a formar uma unidade semântica. Na sua forma mais simples, um mapa de conceitos consta apenas de dois conceitos unidos por uma palavra de ligação de modo a formar uma proposição (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 31).

A elaboração dos mapas conceituais, na concepção de Novak, requer algumas considerações. Podemos verificar algumas destas características no Mapa Conceitual da Figura 24:

- Devem ser hierárquicos – os conceitos mais gerais e mais inclusivos, (também chamados de conceitos-chave) devem estar na parte superior do mapa;
- Os conceitos mais específicos, menos inclusivos, devem ficar sucessivamente abaixo dos mais inclusivos;
- Deve-se conectar os conceitos com linhas, nas quais são rotuladas as palavras de ligação;
- As palavras de ligação são usadas para dar sentido e significado à relação entre conceitos;
- Buscar estabelecer relações horizontais e cruzadas entre os conceitos;
- Recomenda incluir na base do mapa objetos ou acontecimentos específicos, ou exemplos, para ilustração da regularidade dos conceitos;
- Uso de setas nas linhas que unem conceitos – se necessário – para mostrar a relação de significado entre os conceitos e as palavras de ligação, num determinado sentido, indicado pela seta;
- Nomes próprios, acontecimentos, lugares, objetos específicos, podem ser utilizados como exemplos;
- O tipo de figura geométrica usada para os conceitos não é relevante;

Novak (1984, p. 40-51) recomenda para a aplicação dos Mapas Conceituais, em primeiro lugar, tornar clara para os discentes a ideia e a natureza dos conceitos, como se relacionam, internamente, em suas mentes, e no mundo concreto, exterior. Depois,

recomenda atividades que permitam aos estudantes extraírem conceitos de materiais diversos (escritos, falados) para isolarem conceitos e palavras de ligação, reconhecendo-os como importantes elementos de linguagem para o significado do conceito. Os mapas são ferramentas poderosas por representarem os conceitos de modo hierárquico e visual, favorecendo o reconhecimento de padrões. No entanto, é importante atenção às palavras de ligação para que o significado pretendido não seja ambíguo ou impreciso em relação ao que se quer conceituar. Deve-se praticar diversas vezes a elaboração dos mapas para melhorar a sua apresentação e refinar os conceitos.

É importante reconhecer e explicar aos estudantes que praticamente qualquer conceito de um mapa pode – se compuser outro mapa – ser elevado à condição hierarquicamente “superior” – se este for o conceito chave trabalhado. A utilização dos mapas deve revelar aos estudantes e professores como novas relações e a percepção de novos significados surgem para conceitos que pareciam já estar bem definidos, mas também será um bom exercício para significados novos. É uma ferramenta que estimula a reflexão e a criatividade. Também estimula a socialização e os debates à medida em que os mesmos conceitos podem ser interpretados com ligações proposicionais diferentes. A hierarquia proposta por Novak nos Mapas Conceituais está relacionada à Teoria de Ausubel, assimilando o conceito de subsunção, ao estabelecer “a nova informação ser frequentemente relacionada e integrada sob conceitos mais abrangentes e gerais” (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 113).

Os mapas, também, quando “são feitos em grupos de dois ou três estudantes, podem desempenhar uma função social útil e conduzir a animadas discussões na aula” (NOVAK; GOWIN, 1984, p.36). Neste sentido, consideremos o papel de mediação que este recurso pedagógico evoca, a partir da concepção de Vygotsky estudada por Marta Kohl de Oliveira (1992). Podemos entender a mediação como algo que afeta a relação de ensino aprendizagem na perspectiva de que “enquanto sujeito de conhecimento o homem não tem acesso direto aos objetos, mas um acesso mediado, isto é, feito através dos recortes do real operados pelos sistemas simbólicos de que dispõe” (1992, p. 26). Refere-se a autora ao processo de representação mental, dos conteúdos de natureza simbólica, que associamos a objetos e situações do mundo real. Outra faceta da mediação, a ideia de que “os sistemas simbólicos que se interpõem entre sujeito e objeto de conhecimento têm origem social” (OLIVEIRA, 1992, p. 27) justificam as ações e intervenções dos professores e a diversificação de atividades realizadas em equipes, como são propostos na Metodologia.

O outro instrumento importante é o Vê Heurístico, utilizado para resolver um problema ou entender um procedimento. É um recurso didático que pode ser aplicado em várias disciplinas, especialmente naquelas relacionadas às Ciências Naturais. Em sua concepção original

O “Vê” heurístico foi desenvolvido em princípio para ajudar os estudantes e os professores a clarificar a natureza e os objetivos do trabalho experimental em ciências. O “Vê” foi o resultado de vinte anos de pesquisa por parte de Gowin de um método para ajudar os estudantes a compreender a estrutura do conhecimento e as formas como os seres humanos produzem esse conhecimento (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 71).

Por permitir que ocorra esta reflexão sobre o próprio ato de aprender, espera-se que os estudantes aprendam, além dos conteúdos originais da disciplina, os conhecimentos sobre a própria aprendizagem, o metac conhecimento. Quando um cientista empreende uma pesquisa, persegue o conhecimento mais profundo de algo que o mobiliza. Neste processo pode levar anos coletando dados e realizando experimentos, de modo a empreender uma interação entre os conceitos de que dispõe e o desenvolvimento de metodologias para a pesquisa prática, ou em campo.

Um cientista está mobilizado em responder a alguma questão, algum problema, em desvendar algo. E um dos aspectos importantes do Diagrama em Vê é o das perguntas que encerram. Foram cinco as perguntas originais da gênese desta metodologia, por Gowin, posteriormente ampliadas para a aplicação prática e uso dos diagramas em aulas. O Diagrama possui um campo para as “questões centrais”. São elas que orientarão os registros (lado direito do diagrama) das observações realizadas. O professor deverá mediar a busca dos estudantes ao elaborarem questões centrais. Por exemplo, no produto Simulador de Pulsar, podem surgir questões do tipo “o que é um pulsar?” a “como simular uma estrela de nêutrons na sala de aula?” etc. Para tentar responder a estas questões, de modo mais elaborado do que simplesmente buscar e memorizar uma definição, como se fosse um verbete, recomenda-se o Vê Heurístico.

É muito importante que antes de realizar as atividades experimentais, o professor apresente uma aula teórica com a abordagem de conteúdos do mais geral até o mais específico, relativos aos experimentos. Deverá dedicar o tempo suficiente para explicar como é a elaboração do Mapa Conceitual e do Diagrama em Vê aos estudantes. Deve apresentar suas características, seus componentes e regras e as metodologias de

avaliação de cada um deles para as atividades experimentais, com as pontuações respectivas.

5.3 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

É recorrente encontrarmos artigos reconhecendo a importância das atividades experimentais para as aulas de Física, além de termos recomendações nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+, p. 59 - 62), para que a experimentação possibilite a compreensão não somente dos fenômenos e de como a ciência é feita, mas do desenrolar de fatos históricos que ocorreram. Por outro lado, também há críticas ao uso de atividades práticas quando são meramente ilustrativas e desconectadas de uma maior integração com outros conteúdos, apresentando situações com procedimentos muito dirigidos, com pouco estímulo à reflexão e à metacognição. Também há críticas à formação nem sempre satisfatória do professor e à realidade das escolas públicas brasileiras, carentes de recursos econômicos e humanos.

Para a formação do professor de Física, o futuro docente certamente teve como componente curricular alguma disciplina relacionada à instrumentação. Na Licenciatura em Física da UEFS¹²⁰, por exemplo, para as disciplinas Instrumentação I e II, destaca-se em sua ementa:

Planejar e realizar experimentos nos diversos campos da Física, relacionando com o ensino da Educação Básica. Realizar atividades como oficinas, mini-cursos, mostras em escolas da rede de ensino, em espaços não-formais e na própria universidade, constituindo a prática de ensino (UEFS, 2017, p. 26).

As atividades experimentais no ensino de Física não são uma novidade, e, a depender da epistemologia adotada, nem sempre há um consenso a respeito da melhor abordagem para o ensino da Física no Nível Médio. Estas considerações são pontuadas tendo em vista que, na pesquisa realizada para fundamentar este trabalho, há artigos tais como “Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências”, de Sérgio M. Arruda e Carlos E. Laburú, que criticam a maneira adotada para a aplicação de atividades práticas, por professores, estudantes e instituições, com a visão de que as atividades experimentais servem para “comprovar a teoria”, “facilitar a compreensão do

¹²⁰ Ementário dos Componentes Curriculares dos Cursos de Física da UEFS: <http://www1.uefs.br/portal/colegiados/fisica/arquivos/ementario_licenciatura.pdf>.

conteúdo”, e de “despertar a curiosidade” pelo estudo nos estudantes (1998, p. 17). Sua crítica se apoia no pressuposto de que “não há uma verdade final a ser alcançada: a teoria ou o paradigma servem para organizar os fatos e a função do experimento seria adaptar a teoria à realidade” (ARRUDA, LABURÚ, 1998, p. 21) com proposta de atividades que filtrassem o grau de interesse dos estudantes pelos experimentos, aprofundando-se neles apenas aqueles que tivessem interesse em ser futuro cientista.

Em outra visão crítica, nas notas de aula “Algumas observações sobre o ‘método científico’”, de Silvio Seno Chibeni, dada a complexidade da Ciência, ressalta ser o seu escopo tão amplo que é “quimérica a ideia de um procedimento único, aplicável a todas as áreas” (2006, p. 2), além disso, problematiza nossos ideais de possuímos conhecimento universal e certo sobre o mundo ao afirmar que “nenhum conhecimento científico minimamente complexo para envolver leis não pode ser dito provado, no sentido estrito do termo” (2006, p. 6). Ressalta como a ciência trabalha com hipóteses que podem ser refutadas ou confirmadas e, a confirmação – em observações realizadas em alguma situação experimental - representa a não refutação da hipótese, que fornece base para crermos em sua verdade.

Estas reflexões iniciais mais críticas são balizadores para que os trabalhos experimentais propostos não caiam em armadilhas de cumprirem um papel meramente protocolar. Existem diversos exemplos de interações entre professores e estudantes para abraçar um projeto, construí-lo, testá-lo e utilizá-lo cientificamente. Podemos citar a construção do Radiotelescópio Big Ear¹²¹ em 1950, com a liderança do prof. Dr. John Kraus, que, com a participação de estudantes da graduação construiu um radiotelescópio na Ohio State University. Este radiotelescópio não existe mais, mas foi usado para pesquisas de fontes de rádio distantes e se notabilizou com a busca de inteligência extraterrestre, SETI. No Brasil, na década de 1970, grupos de radioastrônomos também se destacaram por algum tempo ao pesquisar e construir artefatos no ambiente acadêmico e esta pesquisa ainda continua.

Estas atitudes e procedimentos da pesquisa científica são replicados em diferentes instituições, muitas vezes contando com o compromisso de professores que se destacam pela capacidade de mobilização com seus estudantes. Como o exemplo que vimos dos estudantes e o satélite artificial Tancredo-1¹²², numa escola pública,

¹²¹ Big Ear – Informações disponíveis em: <<http://www.bigear.org/>>.

¹²² Tancredo-1, disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4363>.

coordenado pelo professor Cândido Moura¹²³, para quem a "escola precisa ser algo mais aberto, trabalhar junto aos institutos de pesquisa, estar envolvida na comunidade, levar experiências reais para os alunos" (BRASIL, 2017). A partir da mobilização numa escola de Ubatuba, o pequeno satélite foi projetado para emitir sinais de rádio com telemetria e gravações de voz dos estudantes, captados por radioamadores, e conduzir experimentos do plasma ao redor da Terra.

Podemos incorporar estas realizações ao repertório do que é possível fazer, partindo dos exemplos de maior complexidade e mais distantes da nossa realidade socioeconômica aos casos mais factíveis e cuja repercussão mobilizará a comunidade acadêmica localmente. Ao levar o laboratório para a sala de aula, outros recursos devem acompanhar os produtos, incrementando as sugestões de procedimentos, de como o professor poderá proceder. Uma das primeiras preocupações é a de que as atividades práticas, os experimentos possuam forte relação com outras atividades já realizadas, de modo a não possuírem um "aspecto de puntualidade", criticada por ALVES FILHO (2000, p. 246). A crítica é dirigida ao laboratório com atividades práticas sem relação com outras atividades ou conteúdos teóricos.

A preocupação com a transposição didática, considerando-se a aplicação do método experimental nas atividades práticas também existe, pois adaptações serão necessárias: 1) modernização do saber escolar; 2) atualização do saber; 3) articulação do saber velho com o saber novo; 4) transformação de um saber em exercício; 5) redução do grau de complexidade de um conceito (ALVES FILHO, 2000, p. 242-244).

Outra questão é entender o enfoque dado à atividade experimental. No artigo publicado na revista Brasileira de Ensino de Física, ARAÚJO e ABIB (2003, p. 177) pesquisaram trabalhos acadêmicos e destacaram cinco categorias: a) Ênfase Matemática – uso de formalismo matemático; b) Grau de direcionamento - em função de seu caráter de Demonstração, Verificação ou Investigação; c) Uso de Novas Tecnologias - emprego de computadores e programas específicos; d) Cotidiano - situações típicas encontradas no cotidiano; e) Montagem de Equipamentos - montagem de determinados equipamentos, abordando detalhes envolvidos em sua confecção.

BORGES (2002), no artigo Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências, publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, discute criticamente as atividades práticas que utilizam roteiros, manipulam e montam equipamentos, com

¹²³ Portal Brasil <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2017/01/satelite-de-estudantes-brasileiros-entra-em-orbita-nesta-segunda-16>>.

realização de medidas, quando este tipo de procedimento não é precedido de “atividades pré-laboratório para clarificar os objetivos pretendidos, ideias iniciais dos estudantes e suas expectativas acerca do fenômeno estudado” (BORGES, 2002, p. 311). Outra recomendação, o uso de recursos das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), com os computadores, para a simulação e uso interativo de ferramentas, auxiliando na discussão posterior dos resultados obtidos, que deverá ser realizada.

Do estudo realizado por ALVES FILHO (2000) em sua tese Atividades Experimentais: do Método à Prática Construtivista, destacamos resumidamente os tipos de laboratório, conforme Quadro 15.

Fonte: Adaptado de ALVES FILHO, 2000, p. 63 - 75

Tipo de Laboratório	Descrição
Laboratório de Demonstrações	O professor realiza os experimentos e o estudante é espectador
Laboratório Tradicional ou Convencional	Estudantes trabalham em pequenos grupos, executam as atividades do roteiro, sem modificá-las
Laboratório-Biblioteca	Experimentos de rápida execução, sempre disponíveis como em uma biblioteca. Roteiros pouco flexíveis
Laboratórios “Fading”	Proposta evolutiva, no sentido de ir abstraído lentamente a quantidade de informações do guia, dando margem a propostas de experimentos formuladas pelo aluno
Laboratório Prateleira de Demonstrações	Laboratório de apoio aos professores de teoria que querem realizar demonstrações experimentais para a classe e permitir aos alunos que queiram realizar experimentos extras ou pequenos projetos experimentais
Laboratório Circulante	Compõe a ideia do laboratório biblioteca, de experimentos simples, com a ideia de “kits experimentais” transportáveis. Os kits ficam à disposição dos alunos em uma sala, compondo uma espécie de “biblioteca”. Por solicitação do estudante, os kits podem ser retirados e levados para a casa
Laboratório de Projetos	Vinculado ao treinamento de uma futura profissão, no caso, a de Físico, do que ao ensino de modo geral. Oferecido aos estudantes nos últimos estágios dos cursos de formação
Laboratório Divergente	Comporta duas fases: (1) Fase “Exercício” o estudante cumpre uma série de etapas comuns a todos da classe. (2) Fase “Experimentação”, o estudante decide qual atividade realizará, quais os objetivos da mesma, que hipóteses serão testadas e como realizará as medidas.
Laboratório “Programado”	Estudante realiza o experimento sozinho e não mais em grupo, como nas demais propostas. A razão da individualidade está no próprio método, que preconizava o respeito à velocidade de aprendizagem, determinando uma diversificação quanto à distribuição das unidades que desenvolviam.
Laboratório Tipo “Ações Múltiplas”	Proposta ampla e implica na coexistência de várias atividades, entre elas (1) Experimentos programados; (2) Seminários experimentais; (3) Experimentos extra-classe; (4) Leitura de artigos científicos; (5)

	Laboratórios de demonstração; (6) Projeto experimental e (7) Oficina eletromecânica.
--	--

Quadro 15 - Descrição resumida de tipos de laboratórios

Ao analisar as posições críticas que apontam os porquês de os laboratórios didáticos tradicionais não apresentarem os resultados esperados, ou apontando as dificuldades enfrentadas pelos professores, esperamos encontrar caminhos para que a utilização dos Produtos Educacionais seja efetiva na promoção da aprendizagem significativa. Citando Tamir (1991), Alves Filho (p. 256, 2000), apresenta cinco razões para o uso didático do laboratório de ciências:

1. Necessidade do concreto, “as experiências práticas são especialmente eficientes para induzir mudanças conceituais”;
2. Participação do aluno em um processo de investigação real;
3. Desenvolvimento de habilidades e estratégias com largo espectro de efeitos generalizáveis;
4. Consideração das ideias prévias dos alunos;
5. Os estudantes em geral gostam das atividades e do trabalho prático.

Outra razão que já mencionamos é a metacognição¹²⁴: uso da capacidade de os estudantes refletirem sobre a própria habilidade de compreenderem o processo de como adquirem o conhecimento e, como esta consciência pode torná-los mais bem-sucedidos, pois exercitam a prática de pensar antes de agir (ROSA & ALVES FILHO, 2013, p. 110). Neste sentido, mais uma vez vemos justificada a implementação dos Diagramas Heurísticos em Vê.

A utilização das TIC é uma consideração importante para as atividades experimentais. Existem diversos simuladores, utilizando recursos da Realidade Virtual, aplicativos de *smartphones* e *tablets*, e seu uso pode ser integrado às atividades com os Produtos Educacionais. DORNELES, ARAUJO e VEIT (2012) realizaram estudo em que propõem a integração entre as atividades computacionais e os experimentos.

Podemos considerar que as atividades experimentais – em sua relevância intrínseca para a aprendizagem significativa – podem inserir a comunidade escolar em um contexto educacional mais amplo, que busca atividades mais dinâmicas, conciliando os recursos das TIC com a vivência da construção dos artefatos propostos nos Produtos Educacionais. É inspirar-se em programas educacionais com vivências práticas, aliando

¹²⁴ Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/epec/v15n1/1983-2117-epec-15-01-00095.pdf>>.

as tantas referências científicas e tecnológicas que a Astronomia possui, com o interesse pelo conhecimento.

O potencial que as atividades de laboratório englobam é também associada à metodologia STEAM, como vimos na Seção 4.1. A esta forma de integrar várias disciplinas de modo a reunir conhecimentos para a realização de algo que faça sentido para os estudantes, podemos evocar a aprendizagem significativa por descoberta

como quando um indivíduo vê, por si mesmo, de que maneira atributos ou funções de algum instrumento ou objeto se relacionam a conceitos em sua estrutura cognitiva, pode não somente levar a um crescimento (desenvolvimento e/ou elaboração de conceitos), mas também prover o indivíduo com uma forte experiência afetiva positiva que pode motivar mais estudo e contribuir para sua auto-imagem de adequação (NOVAK, p. 82)

Assim, a realização das atividades práticas deve fazer parte do planejamento das aulas de modo que tanto o professor como os estudantes estejam sintonizados na sua realização percebendo a ponte entre as aulas teóricas e as atividades de laboratório. Devem ser capazes de pensar criticamente sobre os conceitos e a associação com os experimentos, extrapolando sua realização para o ato de pensar no próprio processo de assimilação das informações. Com os mapas conceituais, constando como atividade prévia, antecipando e organizando conceitos que não sejam muito familiares e com os diagramas em Vê orientando as observações e conclusões a partir das perguntas chave.

5.4 ROTEIROS DE AULAS PRÁTICAS

No contexto das escolas públicas, com as dificuldades de ordem material e a dificuldade de realizar aulas práticas, recomendamos adotar o laboratório construído pelos próprio professor e os estudantes, para suprir a ausência destes recursos, ou, onde houver laboratórios de física, complementá-los.

Os roteiros são elementos essenciais para, em primeiro lugar, ser o repositório de cada Produto Educacional proposto. São o registro escrito e imagético com alguma informação histórica, teórica, e com sugestões de construção dos artefatos. Não se constituem, portanto, em um receituário rígido de como proceder. Espera-se que cada professor possa adaptá-los à sua realidade e simplificar ou incrementar algum dos produtos que escolha construir com seus estudantes.

Os roteiros fazem parte de um planejamento mais amplo, que envolve, as aulas expositivas, com palestras do professor, enriquecidas com vídeos, músicas, propostas de pesquisas extra-classe, elaboração de Mapa Conceitual, atividades que auxiliarão como informações prévias para a construção de algum Produto Educacional e a realização das observações e/ou experimentos. Com o Diagrama em Vê organizando perguntas, as anotações, reflexões e análise crítica, dos estudantes. Os roteiros se inserem na organização que unifica todos os produtos propostos na metodologia adotada.

Para encontrar a linguagem mais adequada à elaboração dos roteiros, foram analisadas as características de alguns roteiros: de projetos educacionais da NASA e do observatório ALMA e de duas universidades, UENF e UFBA, na Seção 6.3. A linguagem dos roteiros é semelhante à utilizada nos livros didáticos, apresentando informações históricas, teóricas, técnicas e é complementada com fotografias e diagramas de construção, constantes do Apêndice.

5.5 INTERDISCIPLINARIDADE E TRANSVERSALIDADE

A preocupação com a interdisciplinaridade e os temas transversais faz parte do discurso defendido nos currículos escolares. Deve ser acrescentada na prática do professor ao aplicar os produtos, lidando com situações que conectam os diversos conteúdos com a vida em sociedade. Os temas estão relacionados com a educação para a cidadania, com questões sociais e éticas. Como política pública, encontramos seu balizamento nos Parâmetros Curriculares Nacionais PCN¹²⁵, do Ministério da Educação (MEC). Foram escolhidos o temas Ética, Meio Ambiente, Pluralidade Cultural, Saúde e Orientação Sexual, derivados de critérios de urgência social, abrangência nacional, possibilidade de ensino e aprendizagem no ensino fundamental. Para favorecer a compreensão da realidade e a participação social, como está definido no Livro 8 do dos PCN. Nele encontramos a análise da relação entre transversalidade e interdisciplinaridade, pautando a diferença entre ambas. Veremos que

A interdisciplinaridade questiona a segmentação entre os diferentes campos de conhecimento produzida por uma abordagem que não leva em conta a inter-relação e a influência entre eles — questiona a visão compartimentada (disciplinar) da realidade sobre a qual a escola, tal

¹²⁵ PCN: <portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro081.pdf>.

como é conhecida, historicamente se constituiu. Refere-se, portanto, a uma relação entre disciplinas. (BRASIL, PCN, 1997, p. 31)

A complexidade para organizar grades curriculares é considerável. A tentação por adotar uma perspectiva segmentada é grande e em algum momento é importante que o foco de uma atividade esteja bem delimitado e com objetivos claros nas ementas das disciplinas. No entanto, isso não impede o diálogo contemplando afinidades naturais que ocorrem entre os conteúdos diversos ao longo do ano letivo. Este diálogo pode ser aberto a outros temas, com a transversalidade:

A transversalidade diz respeito à possibilidade de se estabelecer, na prática educativa, uma relação entre aprender na realidade e da realidade de conhecimentos teoricamente sistematizados (aprender sobre a realidade) e as questões da vida real (aprender na realidade e da realidade). (BRASIL, PCN, 1997, p. 31)

A inserção da transversalidade, por outro lado, manifesta-se na observação das atitudes do dia-a-dia letivo, na postura perante acontecimentos contemporâneos que por vezes se sobrepõem aos assuntos mais estritos do conteúdo da disciplina. Requer flexibilidade no repertório do professor para que a realidade vivida seja pensada de forma crítica no meio escolar. Como abordar, por exemplo, o eletromagnetismo e a Radioastronomia considerando os aspectos transversais? Podemos pensar diversos conteúdos em termos éticos, por exemplo.

Lembramos que as radiofrequências são consideradas um recurso escasso, que é compartilhado por todos: empresas, governos, pessoas comuns com suas redes *Wi-Fi*, hospitais, aeronaves, sondas espaciais. Imaginemos que a utilização das faixas de frequências atribuídas aos diversos serviços não fosse respeitada por alguém e que uma frequência atribuída a um dispositivo de segurança seja ocupada inadvertidamente por um sinal interferente. Questões éticas importantes estão implícitas nesta situação hipotética, mas acontecem na vida real e podem ser transformadas em atividades relevantes para o aprendizado dos estudantes: de conceitos, de práticas, de atitudes.

5.6 AVALIAÇÃO COM MAPAS CONCEITUAIS E DIAGRAMAS EM VÊ

No ambiente escolar o professor pode aplicar diversas estratégias de avaliação. Desde testes e provas escritos tradicionais, exercícios, pesquisas, seminários, tertúlias. É possível realizar avaliações escritas posteriores ao que foi realizado nos trabalhos

experimentais, avaliar relatórios dos experimentos e a participação e engajamento nas práticas. Os resultados das avaliações são os indicadores de que o professor dispõe para melhorar a aplicação das atividades na sala de aula. São o termômetro que indica ao professor a noção de como as atividades propostas estão de acordo com o planejamento das aulas. Indicarão a necessidade de adaptações para seguir adiante com os conteúdos ou revisá-los. Considerando válidas outras maneiras de avaliar o desempenho dos estudantes e o respectivo balizamento das atividades, sugerimos duas metodologias de avaliação: Mapas Conceituais e Diagramas em Vê.

Os mapas ajudam ao professor encontrar evidências da aprendizagem significativa. Deve-se ter o cuidado de perceber que, por possuírem componentes idiossincráticos, ao se elaborar um mapa, este refletirá o entendimento do sujeito (professor ou estudante) dos conceitos e conteúdos estudados. Representam, portanto, uma avaliação essencialmente qualitativa (MOREIRA, 2012, p. 7-8). Esta característica demandará atenção do professor para não relativizar desnecessariamente os mapas sem consistência conceitual. Deve ser criterioso ao interpretar os mapas que sugerem exatamente a falta de compreensão do estudante perante conceitos do assunto em avaliação. Nesse sentido, os mapas evidenciarão as ideias chave de aprendizagens específicas; depois de uma tarefa, os mapas são recursos que resumem esquematicamente o que foi aprendido (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 31).

Na avaliação proposta por Novak, com o uso dos mapas, há regras a serem observadas, pois são estabelecidas pontuações para classificá-los. Isto ajuda a parametrizar os trabalhos e evidenciar a importância de determinadas ocorrências de um mapa conceitual típico. No Quadro 16, os critérios que ele estabeleceu estão relacionados aos seguintes elementos (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 52):

Fonte: Adaptado de NOVAK; GOWIN, 1984, p. 52

ELEMENTOS DO MAPA CONCEITUAL	COMO AVALIAR
PROPOSIÇÕES	A relação de significado entre dois conceitos é indicada pela linha que os une e pela(s) palavra(s) de ligação correspondentes? A relação é válida? Atribua um ponto por cada proposição válida e significativa que apareça.
HIERARQUIA	O mapa revela uma hierarquia ? Cada um dos conceitos subordinados é mais específico e menos geral que o conceito escrito por cima dele (do ponto de vista do contexto no qual se

	constrói o mapa conceptual)? Atribua 5 pontos por cada nível hierárquico válido.
LIGAÇÕES CRUZADAS	O mapa revela ligações significativas entre um segmento da hierarquia conceitual e outro segmento? Será que a relação que se mostra é significativa e válida? Atribua 10 pontos por cada relação cruzada que seja simultaneamente válida e significativa e 2 pontos por cada relação cruzada que seja válida mas que não traduza qualquer síntese entre grupos de proposições ou conceitos relacionados. As ligações cruzadas podem indicar capacidade criativa e há que prestar uma atenção especial para as identificar e reconhecer. As ligações cruzadas criativas ou peculiares podem ser alvo de um reconhecimento especial ou receber uma pontuação adicional.
EXEMPLOS	Os acontecimentos ou objetos concretos que sejam exemplos válidos do que designam os termos conceituais podem valer cada um 1 ponto . (Estes exemplos não se rodeiam com um círculo, uma vez que não são conceitos)
MAPA DE REFERÊNCIA	Professor: construir e pontuar um mapa de referência para o material que se vai representar nos mapas conceituais. Depois, dividem-se os pontos dos alunos pela pontuação obtida para esse mapa de referência, obtendo-se deste modo uma percentagem que serve de comparação. (Alguns alunos podem ter melhor classificação que o mapa de referência, recebendo assim uma pontuação superior a 100%)

Quadro 16 - Critérios de avaliação com os Mapas Conceituais

Para que esta sistemática de pontuação seja aplicada, evidentemente os estudantes deverão estar conscientes das regras adotadas para os mapas. Antes de serem avaliados devem treinar para que destaquem as palavras chave, as palavras de ligação, os exemplos, com assuntos relevantes e a organização espacial do mapa. Sugestão da sistemática da pontuação, reproduzida na Figura 25.

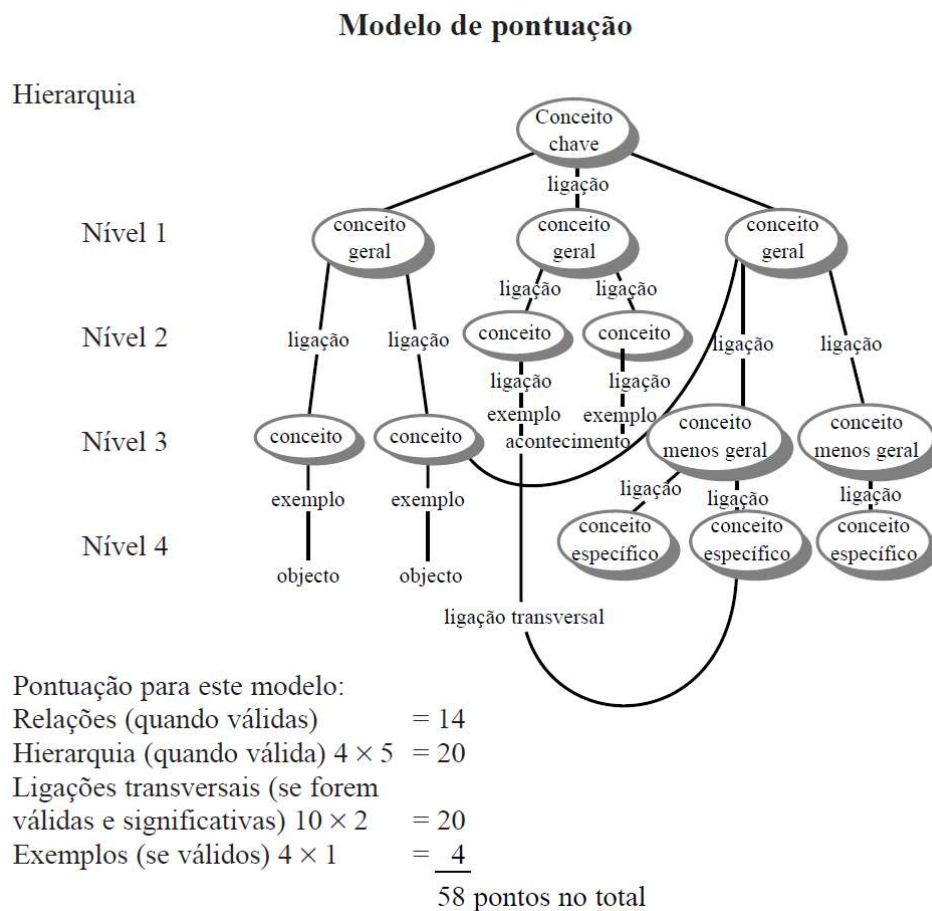
Os Diagramas Heurísticos¹²⁶ em Vê também são defendidos como instrumento de avaliação por Novak e Gowin (1984, p. 125), inclusive podem ser úteis para que o professor defina a maneira de aplicar os conteúdos com perguntas do tipo: “Esta será uma boa lição?” ou “Esta será uma boa resposta à minha pergunta?”. Também devemos atentar à necessária clareza da noção de *valor* que transmitiremos aos estudantes nas

¹²⁶ Uma heurística é algo que se utiliza como ajuda para resolver um problema ou para entender um procedimento (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 71).

avaliações. Esta valoração, deve ficar claro, está atrelada à importância educacional daquilo que é objeto de estudo, e não apenas ao valor da nota, que também possui relevância específica.

À medida que algo é bem compreendido pelo estudante, contribui para melhorar a sua confiança, o respeito próprio e ao mundo. Os autores argumentam também que o “Vê” pode ser um instrumento de avaliação especialmente valioso para o trabalho de laboratório (1984, p. 128), o que contribuiu para a sua adoção.

Figura 25 – Modelo de pontuação de Mapas Conceituais



Fonte: Adaptado de NOVAK; GOWIN. 1984, p. 53

Nesta proposta de avaliação nas atividades práticas, há o incentivo ao espírito investigativo e, a partir de postura crítica, os estudantes analisam o objeto de estudo. Solicita-se que apliquem ao Vê afirmações acerca dos acontecimentos do experimento, objetos, vivências; descrever os elementos do Vê, vide Figura 26, de acordo com sua

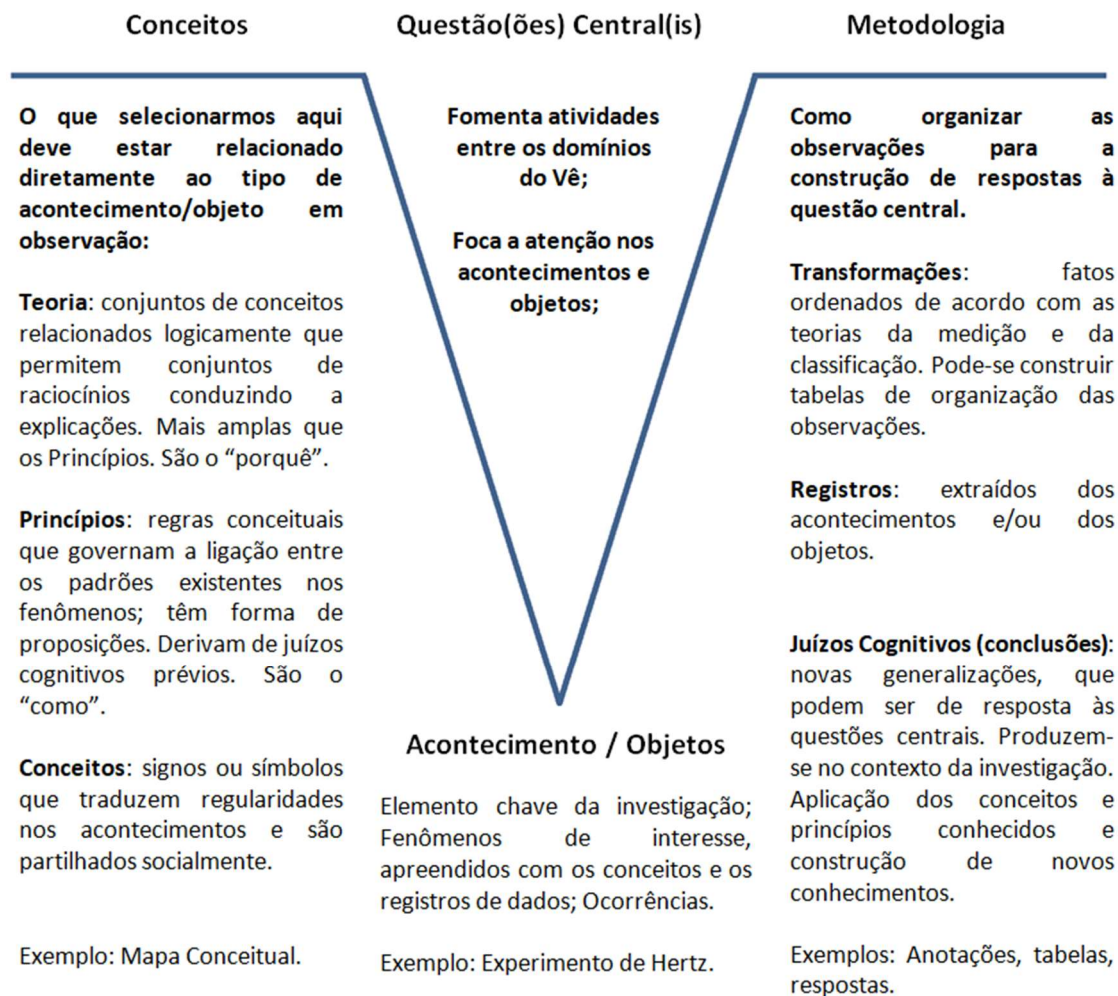
interpretação, orientando-se as afirmações pelas perguntas (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 89):

1. Que objetos e/ou acontecimentos estavam a ser observados?
2. Que registros ou transformações de registros se fizeram?
3. Qual/quais foram as questões foco?
4. Que conceitos ou princípios relevantes se referiram ou estão implícitos?
5. Reconhecem-se nos registros, de uma forma válida, os principais aspectos dos acontecimentos e/ou objetos que se observam?
6. Os princípios relevantes foram formulados, considerados como estando implícitos ou ignorados?
7. Na investigação, que teoria se formulou ou se considerou implicitamente, no caso de existir alguma nestas condições?
8. Foi feito um esforço consciente e deliberado para ligar os conceitos e os princípios (a) aos acontecimentos e/ou objetos observados? (b) aos registros feitos? (c) às transformações de registros? (d) aos juízos cognitivos?
9. Formularam-se juízos de valor, e, no caso afirmativo, são congruentes com os juízos cognitivos?
10. Haveria uma questão foco melhor, ou será que os resultados respondem a uma outra questão central diferente da que foi colocada (ou que se infere ter sido colocada)?

Certamente não haverá respostas a todas as questões, nem todas as questões serão pertinentes, mas a busca representa exercitar o raciocínio e requer interpretação, análise, síntese e avaliação do conhecimento.

A questão central (ou questões centrais) ajuda(m) à reflexão e a confrontar o que já se sabe e o que se pretende descobrir. É (são) dirigida(s) para onde o vértice do Vê aponta, para os acontecimentos e objetos. Os elementos conceituais do lado esquerdo do Vê são as concepções, construídas ao longo do tempo, servem como referência para o que se está investigando – o Mapa Conceitual prévio é um dos elementos a constituir este lado do Vê. Do lado direito, estarão os registros do que ocorreu em função das observações feitas no momento da construção do produto e experimentos ou de observação do objeto em estudo. O vértice do Vê é o lembrete de que objeto ou acontecimento está em observação, de sua relevância para o estudo, Figura 26.

Figura 26 – Elementos que compõem o Diagrama em Vê de Gowin



Fonte: Adaptado de NOVAK; GOWIN. 1984, p. 72

Assim como com os Mapas Conceituais, antes da avaliação com este instrumento, o professor deverá apresentar suas características e sua filosofia de utilização aos estudantes, especialmente para os experimentos com os Produtos Educacionais. Ressaltamos os seguintes elementos, no Quadro 17, para orientar e servir de guia para o professor:

Fonte: Adaptado de NOVAK; GOWIN, 1984, p. 87-88

ELEMENTOS DO DIAGRAMA EM VÊ	COMO AVALIAR
QUESTÃO CENTRAL	<p>0 — Não está identificada nenhuma questão central.</p> <p>1 — Está identificada uma questão, mas não se refere aos objetos e ao acontecimento principal OU ao lado conceitual do “Vê”.</p>

	<p>2 — Está identificada uma questão central; inclui conceitos, mas não sugere objetos ou o acontecimento principal OU estão identificados acontecimentos ou objetos errados em relação ao resto do exercício de laboratório.</p> <p>3 — Está claramente identificada uma questão central; inclui conceitos a serem utilizados e sugere o acontecimento principal e os objetos correspondentes.</p>
OBJETOS/ACONTECIMENTOS	<p>0 — Não se identificam acontecimentos nem objetos.</p> <p>1 — Estão identificados o principal acontecimento OU os objetos e são consistentes com a questão central, OU estão identificados um acontecimento e objetos, mas são inconsistentes com a questão central.</p> <p>2 — Está identificado o acontecimento principal e os objetos correspondentes e há consistência com a questão central.</p> <p>3 — Sucede o mesmo que anteriormente, mas também são sugeridos os dados que se vão registrar.</p>
TEORIA PRINCÍPIOS E CONCEITOS	<p>0 — Não se identifica o lado conceitual.</p> <p>1 — Identificam-se alguns conceitos, mas sem quais quer princípios ou teorias, OU um dos princípios que se apresenta inicialmente é o juízo cognitivo que se pretende estabelecer com o exercício de laboratório.</p> <p>2 — Identificam-se conceitos e, pelo menos, algum tipo de princípios (conceptual ou metodológico), OU identificam-se conceitos e a teoria relevante.</p> <p>3 — Identificam-se conceitos e dois tipos de princípios, OU identificam-se conceitos, um tipo de princípios e uma teoria relevante.</p> <p>4 — Identificam-se conceitos, dois tipos de princípios e uma teoria relevante.</p>
REGISTROS/TRANSFORMAÇÕES	<p>0 — Não se identificam quaisquer registros ou transformações.</p> <p>1 — Identificam-se registros, mas são inconsistentes com a questão central ou com o acontecimento principal.</p> <p>2 — Identificam-se registros OU transformações, mas não ambos.</p> <p>3 — Identificam-se registros para o acontecimento principal; as transformações são inconsistentes com o propósito da questão central.</p> <p>4 — Identificam-se registros para o acontecimento principal; as transformações são consistentes com a questão central e com o nível escolar e a capacidade do estudante.</p>

JUÍZO COGNITIVO	<p>0 — Não se identifica nenhum juízo cognitivo.</p> <p>1 — O juízo não está relacionado com o lado esquerdo do “Vê”.</p> <p>2 — O juízo cognitivo inclui um conceito utilizado num contexto impróprio OU inclui uma generalização que é inconsistente com os registros e as transformações.</p> <p>3 — O juízo cognitivo inclui os conceitos da questão central e deriva dos registros e transformações.</p> <p>4 — Sucede o mesmo que anteriormente, mas o juízo cognitivo conduz a uma nova questão central.</p>
------------------------	---

Quadro 17 – Critérios de avaliação com o Diagrama em Vê

Para tornar a avaliação mais objetiva, recomenda-se que o professor atribua alguma pontuação como a definida no Quadro 17. Entretanto, os valores de cada elemento avaliado e a sua quantidade vão depender da atividade proposta. Não é necessário haver tantos elementos, mas aqui apresentamos todos os propostos por Novak e Gowin, para que se tenha um referencial de trabalho. A valoração numérica do diagrama pode ter ajustes de acordo com o uso, assim como as respostas poderão conter elementos criativos e subjetivos a serem avaliados pelo professor com certa flexibilidade.

Uma das justificativas para o uso do Vê Heurístico é promover reflexões em relação aos erros, de modo que as respostas e conclusões sejam criticadas como plausíveis ou não pelos próprios estudantes. A tentativa de responder às perguntas suscitadas no Vê, com base nos conhecimentos previamente pesquisados e lançados num Mapa Conceitual, bem como a mediação destes recursos e a orientação do professor que, em algum momento promoverá a avaliação das atividades realizadas, é a oportunidade de os estudantes refletirem sobre o próprio aprendizado e

ao confirmarem corretamente os significados compreendidos, e, ao mesmo tempo, indicando áreas de confusão, corrigindo erros e clarificando ambiguidades e ideias erradas, os aspectos cognitivos do retorno aumentam a estabilidade, clareza e capacidade de discriminação de ideias apreendidas de forma significativa (e, assim, melhoram a força de dissociabilidade das mesmas). Também aumentam a confiança do sujeito quanto à retidão daquilo que este compreendeu e permite-lhe concentrar os esforços de aprendizagem, de forma seletiva, em porções do material apreendidas de forma inadequada. (AUSUBEL, 2003, p. 212)

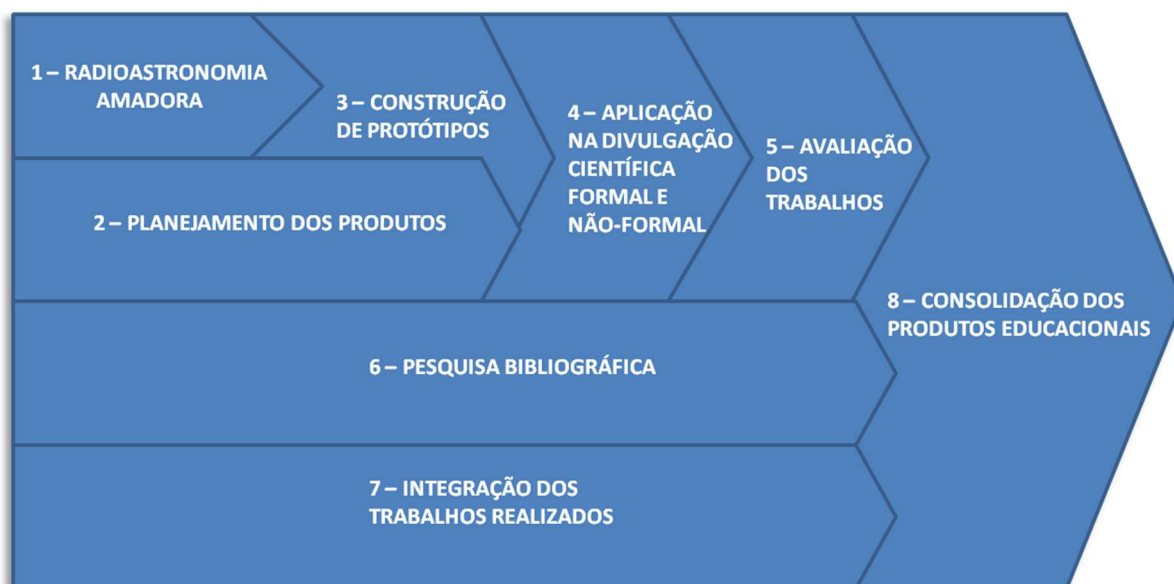
Esta é uma conclusão a que chegou Ausubel, quando tratava das atividades práticas e dos exercícios para a aprendizagem e a retenção significativas dos conhecimentos. Considerava aspectos como a estruturação adequadamente lógica das atividades propostas, considerando também a motivação do estudante com a mediação do professor, de modo que seja possível lidar com a diversidade de perfis em que se apresentam no ambiente escolar, conduzindo-os a um ponto de aprendizagem que esteja adequado ao seu nível de entendimento e à aprendizagem mais próxima da significativa. Mesmo quando necessite de alguma assistência maior do professor. Ressaltamos a importância de que o processo avaliativo retroalimente as percepções do professor daquilo que precisa ser melhorado na metodologia de utilização dos produtos de modo a favorecer o processo de ensino e aprendizagem.

CAPÍTULO 6

6 METODOLOGIA E PRODUTOS EDUCACIONAIS

A proposta metodológica que apresentamos, com a intenção de melhorar o ensino de Ciências e Astronomia para o público alvo de professores e estudantes do Nível Médio, em consonância com os objetivos traçados, engloba as vivências em campo com a radioastronomia amadora, articuladas à proposição dos Produtos Educacionais, que foram construídos e posteriormente aplicados em eventos de divulgação científica, para avaliação e ajustes. A proposta dos produtos tem suporte teórico na Teoria da Aprendizagem Significativa, para o incentivo da capacidade de pensar dos estudantes, na imersão em atividades práticas que façam sentido, por exemplo, por estarem ancoradas na história da ciência, ou, de alguma maneira, por se relacionarem com o que os estudantes já conhecem, mobilizando o interesse e a necessidade de saber mais dos diversos conteúdos envolvidos em cada Produto Educacional.

Figura 27 – Os oito eixos da Metodologia do Trabalho de Pesquisa



Fonte: Próprio autor

Para alcançar os objetivos definidos, as ações estão esquematizadas, em linhas gerais, na Figura 27. Foram delimitados oito Eixos, que se revelaram necessários para organizar metodologicamente o trabalho que crescia em complexidade: 1) Radioastronomia Amadora (reprodução de observações com os radiotelescópios

experimentais); 2) Planejamento e desenvolvimento dos Produtos Educacionais; 3) Construção de Protótipos; 4) Aplicação na Divulgação Científica Formal (nas Escolas) e Não Formal (outros espaços); 5) Avaliação dos trabalhos; 6) Pesquisa Bibliográfica (concomitante); 7) Integração dos Trabalhos Realizados; 8) Consolidação dos Produtos Educacionais. A justaposição dos eixos 1, 2, 6 e 7: a pesquisa bibliográfica, a vivência em campo, o desenvolvimento dos produtos estiveram imbricados.

Eixo 1 – Radioastronomia Amadora - Reprodução de observações com os receptores experimentais: refere-se à imersão em campo para vivência da Radioastronomia, em sentido prático, literal. Assim como um astrônomo amador busca observar o céu noturno e familiarizar-se com os corpos celestes, com os telescópios e com as dificuldades e recompensas da observação astronômica, para tratar da Radioastronomia foi necessária a prática em campo, vivenciada pelo próprio mestrando para assimilação das práticas radioastronômicas, com recursos tecnológicos amadores.

Eixo 2 - Planejamento e desenvolvimento de Produtos Educacionais: a criação dos Produtos Educacionais, com a adequação da execução prática sugerida com base em procedimentos detalhados nos Roteiros. A criação dos produtos pelo mestrando contempla o planejamento com elaboração de diagramas e a pesquisa de materiais adequados para cada produto, com atenção à pesquisa bibliográfica realizada. Após a criação dos produtos foi possível categorizá-los nos seguintes termos, Quadro 18:

Fonte: Próprio autor

Categorias	Produtos Educacionais
Experimentos Físicos	Experimento de Hertz Rádio Galena Adaptado Radiotelescópio com Antena Banda Ku
Simuladores de Radiofontes Astrofísicas	Simulador de Pulsar Simulador Io-Júpiter Simulador RCFM
Divulgação Científica	Oficinas com os Produtos Educacionais (incluindo apresentação dos Kits Receptores de Rádio: VLF Inspire, <i>Radio Jove</i> , Rádio por Software SDR) Site www.radioastronomia.pro.br

Quadro 18 – Categorias dos Produtos Educacionais

Eixo 3 - Construção de protótipos: o desenvolvimento dos produtos e a construção dos protótipos são etapas que por vezes se confundem, pois no próprio ato de construção há alterações de algumas soluções inicialmente projetadas. Se alguma solução se revelasse desnecessariamente complicada, durante a construção dos protótipos, sempre que possível, optava-se pela solução mais simples encontrada. Esta

etapa fornecia dados para adequar a elaboração dos diagramas construtivos, necessários para os roteiros. Os protótipos foram construídos pelo mestrando, integrando o projeto de pesquisa, para utilização nas atividades de divulgação científica, com estudantes e professores.

Eixo 4 - Aplicação na Divulgação Científica: a interação com o público alvo de estudantes e professores com observação qualitativa de modo a auxiliar o desenvolvimento dos Produtos Educacionais. Abordamos as atividades em campo da Radioastronomia amadora, a história da Radioastronomia e das descobertas que possibilitaram a utilização das ondas eletromagnéticas para fins acadêmicos, divulgando algumas das descobertas mais marcantes e fornecendo elementos para que cada produto fosse contextualizado, associando-os com fatos relevantes do ponto de vista da Física e de outros conteúdos interdisciplinares.

Eixo 5 - Avaliação dos trabalhos: no contexto mais amplo, refere-se à avaliação dos Produtos Educacionais como proposta de trabalho em sala de aula, em função da sua aceitação por professores e estudantes nas atividades propostas nos eventos de divulgação científica. É uma avaliação crítica, qualitativa, resultante da interação do mestrando e dos participantes nos eventos, essencial à avaliação dos produtos em si.

Eixo 6 - Pesquisa Bibliográfica: a pesquisa bibliográfica engloba todas as referências acessadas e utilizadas efetivamente na realização deste trabalho. É uma atividade que permeia todos os eixos que definem a pesquisa para subsidiá-la. Duas grandes áreas foram tratadas em capítulos distintos: o eletromagnetismo associado à Radioastronomia e a aprendizagem.

Tudo o que foi realizado, em termos de pesquisas e vivências, foi documentado para a elaboração do Trabalho Final de Curso, com a consolidação dos Produtos Educacionais, com os respectivos Roteiros, compondo os **Eixos 7 e 8**, com descrição no Capítulo 7. O eixo 8 também corresponde à publicação dos produtos na Internet, após a aprovação do TFC.

6.1 PROPOSTA METODOLÓGICA - PRODUTOS EDUCACIONAIS EM SALA DE AULA

Incluimos na metodologia geral do desenvolvimento dos produtos proposta de aplicação em sala de aula, pelo professor, articulando a construção dos Produtos

Educacionais e as atividades didáticas. Esta proposta foi elaborada a partir dos estudos da Aprendizagem Significativa com a utilização de Mapas Conceituais e Diagramas em Vê. O momento de sua aplicação dependerá do planejamento didático de cada escola e do professor, para os conteúdos pertinentes ao Eletromagnetismo.

A contribuição que se pretende dar ao processo de ensino-aprendizagem, no Nível Médio, com o uso de TIC e a construção de artefatos experimentais, incorpora a noção de que a construção dos produtos, adaptando-os a cada realidade, no ambiente escolar, nas oficinas em escolas e com os laboratórios em sala de aula (Eixo 4), representarão oportunidades concretas para o discente lidar com a Ciência. Resgatará informações do senso comum com as informações incipientemente obtidas com as do contato com o método científico. Informações que serão sujeitas a debates com outros estudantes e com o professor. Preocupamo-nos com a Ciência porque

Entendemos por ciência uma sistematização de conhecimentos, um conjunto de proposições logicamente correlacionadas sobre o comportamento de certos fenômenos que se deseja estudar: “A ciência é todo um conjunto de atitudes e atividades racionais, dirigidas ao sistemático conhecimento com objeto limitado, capaz de ser submetida à verificação” (1974:8) (MARCONI; LAKATOS, 2016, p. 62)

Possibilitaremos o contato dos estudantes com esta racionalidade, que pressupõe métodos e padronizações para a comparação de resultados de experimentos, para validação de dados, associando-se esta postura que se convencionou atribuir aos cientistas à sala de aula – mas reconhecendo-se a necessidade de se desenvolverem e estimularem posturas críticas dos estudantes perante os experimentos, ao mesmo tempo em que apelam à emoção da descoberta.

As atividades experimentais para o ensino da Física são, reconhecidamente, uma poderosa estratégia para mobilizar e promover a aprendizagem significativa. Algumas de suas características são: Facilitar a visualização de fenômenos ou experimentos realizados por físicos reconhecidos por suas importantes descobertas; Facilitar a assimilação e o entendimento de conceitos abstratos; Desenvolvimento de habilidades relacionadas aos experimentos que poderão ser úteis em outras áreas do conhecimento: observação; identificação; seleção; formulação e testagem de hipóteses, ou modelos.

As aulas dedicadas aos experimentos podem ser fonte de enriquecimento do repertório do professor e dos alunos ao longo de várias outras aulas. Um mesmo

experimento pode ser o elemento de conexão com diversos assuntos correlatos, especialmente quando se exercita a interdisciplinaridade.

Seria oneroso cada estudante construir seu próprio experimento e realizar as atividades individualmente. É recomendável que se compartilhe a construção dos artefatos por redução de custos. Além disso, a organização, a compra de materiais, a montagem, os testes e experimentos propiciam interatividade, colaboração, convivência e divisão de responsabilidades. Competências úteis na vivência de componentes atitudinais do currículo. São estratégias, estes instrumentos didáticos diversos, facilitadoras da aprendizagem significativa, como

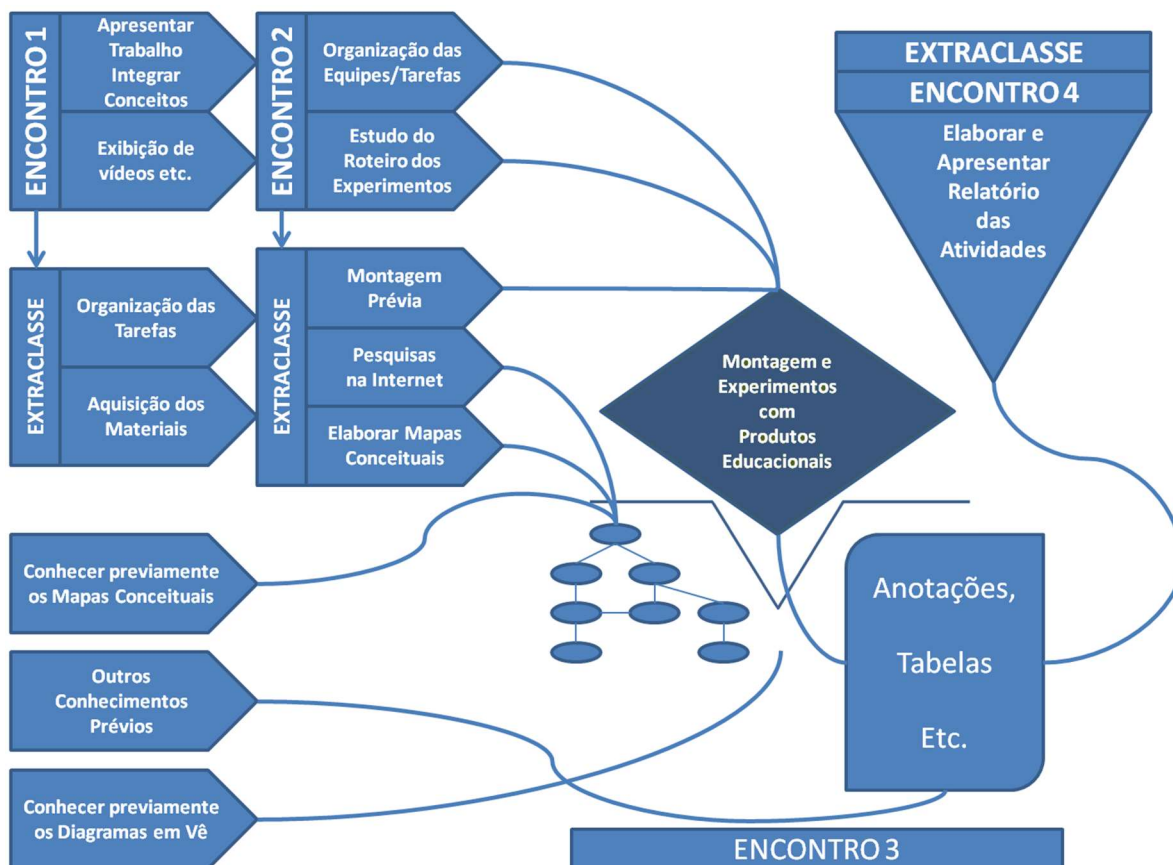
As atividades colaborativas, presenciais ou virtuais, em pequenos grupos têm grande potencial para facilitar a aprendizagem significativa porque viabilizam o intercâmbio, a negociação de significados, e colocam o professor na posição de mediador (MOREIRA, 2012. p. 23).

Esta mediação está implícita na proposição das atividades experimentais, lidando com objetos e ideias, pois o professor poderia optar por apenas apresentar os conteúdos numa aula expositiva e contentar-se com alguma avaliação escrita. Esta metodologia, que inclui os Produtos Educacionais aqui propostos, não descarta a aula tradicional, expositiva. Uma boa palestra do professor sobre um tema pode ser altamente válida, ao ser incorporada como um dos elementos do processo educativo. Podemos considerá-la como um elemento de promoção e divulgação de conceitos novos, com os quais o discente pode ter contato inicial, formando os organizadores prévios (MOREIRA, 2013, p. 14), para mais tarde, nos experimentos, interagindo com seus pares, resgatar como um recurso de apoio ao seu processo de aprendizagem, com a formação de novos subsunçores.

O desenvolvimento dos produtos requereu o resgate de conhecimentos prévios de eletrônica e informática do mestrando e a assimilação de novos conhecimentos necessários para a observação radioastronômica em campo. A mesma sistemática de resgate de conhecimentos prévios para a construção dos protótipos foi necessária, especialmente para desenvolver a habilidade de organizar os materiais e exercitar a criatividade atribuindo novos usos para certos objetos, como tubos de PVC, caixas de plástico, receptores de rádio da plataforma Arduino¹²⁷.

¹²⁷ A plataforma aberta Arduino: < <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>.

Figura 28 – Articulando atividades teóricas e práticas com os Produtos Educacionais



Fonte: Próprio autor

A construção dos Produtos Educacionais não é um fim em si mesmo, pressupõe sua adoção por meio da inserção em um “planejamento instrucional” (NOVAK, 1981, p. 125) coerente com o currículo adotado na escola. No ensino da Física, a princípio para um público alvo do 3º Ano, em que os fenômenos eletromagnéticos são estudados, temos a oportunidade de propor os experimentos de modo que se busque

oferecer quantidades variáveis de experiência com apoios concretos, em todas as faixas etárias, sempre que os assuntos apresentados incluem novos conceitos ou conceitos que não podem ser, facilmente, relacionáveis aos já existentes na estrutura cognitiva, isto é, conceitos de uma natureza mais geral e inclusiva (NOVAK, 1981, p. 127)

Por isso propusemos ao professor o uso dos Mapas Conceituais e os Diagramas em Vê, de Gowin, para conduzirem com clareza o sentido do que se pretende com cada incursão prática com os Produtos Educacionais, de modo a que os conceitos e os eventos de cada experimento façam sentido para os estudantes. O Vê Heurístico é uma das ferramentas para ajudar na formulação de questões e na assimilação de conceitos

relevantes ao estabelecer um diálogo epistemológico entre os conceitos, a(s) questão(ões) central(is), o acontecimento relevante e a metodologia.

Sugerimos como método de aplicação dos produtos, na sala de aula, que o professor programe uma sequência de atividades anteriores aos experimentos, atividades extraclasse, organização das equipes, realização das montagens e dos experimentos e avalie todo o processo, durante sua realização e nas apresentações dos estudantes sobre o que foi realizado, com base nos Mapas Conceituais, Diagramas em Vê e Relatórios, todos relacionados com a montagem dos produtos e sua utilização.

A sugestão de articulação com a mediação dos produtos e das atividades pelo professor, com os roteiros de construção e com a efetivação das atividades pelos estudantes, conforme diagrama da Figura 28. Os Produtos Educacionais (cada um ao seu tempo) no diagrama ocupam a posição do centro do Vê, mas, de fato, permeiam todas as tarefas realizadas, e a metodologia sugerida à sua realização e utilização está mapeada nas seguintes etapas, no Quadro 19:

Fonte: Próprio autor

EVENTO	DESCRIÇÃO
ENCONTRO 1	o professor apresentará o que será realizado, com aula dos conteúdos relacionados às descobertas históricas, de Maxwell e Hertz, por exemplo, e à Física do eletromagnetismo remetendo às experimentações e mencionando os principais conceitos; explicar também a simbologia dos componentes utilizados na montagem, dos roteiros. Exibir vídeos e materiais de apoio. Organizar equipes.
ATIVIDADE EXTRACLASSE	cada equipe deve providenciar o que lhe couber nas atividades, para a próxima aula, com a divisão das tarefas e aquisição de materiais.
ENCONTRO 2	em que serão conferidos os recursos e verificados os roteiros de construção para preparando o experimento da próxima aula. Em caso de dificuldade de aquisição de algum material, encontrar alternativas. Verificar o roteiro de construção para o entendimento da montagem e alternativas em caso de necessitar alguma adaptação.
ATIVIDADE EXTRACLASSE	iniciar o que for possível da montagem fora da sala de aula, como preparação de suportes, furos para parafusos, fios etc., exceto as interligações elétricas, que devem ocorrer com a presença do professor. Realizar pesquisas na Internet, livros etc. para subsidiar a elaboração do Mapa Conceitual de cada equipe, que será levado na próxima aula.
ENCONTRO 3	para a montagem do experimento e realização das experiências, com base no que foi pesquisado e com a mediação do professor; realizar anotações, registros, e os juízos cognitivos, juízos de valor, registros das transformações, tabelas, com base na questão central, no que se pesquisou e nos conhecimentos prévios. Utilizar diagrama em vê e outras folhas de anotações.
ATIVIDADE EXTRACLASSE	Efetuar pesquisas complementares, elaborar apresentações e relatórios.
ENCONTRO 4	para apresentação das anotações, relatórios, comparação e discussão das atividades. Utilizar novamente o aparato montado para novas experimentações em caso de alguma dúvida ou questão nova para ser verificada.

Quadro 19 – Etapas de utilização

Estas são propostas de como realizar as atividades, com aulas prévias e posteriores aos experimentos, cuja quantidade deve ser ajustada a cada realidade escolar. Estão sujeitas a adaptações de acordo com a necessidade do professor e dos estudantes.

6.2 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS EDUCACIONAIS

Compõe a metodologia do trabalho a criação, o desenvolvimento e a construção dos Produtos Educacionais, afinados com os objetivos desde a criação de cada produto até as propostas de aplicação na sala de aula, de modo que sejam relevantes para o ensino de aspectos envolvendo a Astronomia, no Nível Médio. Tivemos atividades da Radioastronomia amadora (Eixo 1), as disciplinas regulares do mestrado que forneceram subsídios para reflexões que colaboraram para o desenvolvimento de produtos (ajudando a compor os Eixos 2, 4 e 6).

Recursos das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) serão utilizados em algum momento em todos os produtos. Não necessariamente como programas de simulação dos fenômenos estudados, mas como recursos de pesquisas complementares na *Internet* ou com programas para registro de sinais eletromagnéticos (como o programa *Radio-SkyPipe*).

Depois de criados, os produtos foram categorizados, dividindo-se em Experimentos Físicos, Simuladores de Radiofontes Astrofísicas e Divulgação Científica (conforme Quadro 18). A ordem cronológica de criação e desenvolvimento dos produtos não é muito linear, pois dependendo das observações feitas nos eventos de divulgação científica e das atividades do mestrado, algumas alterações foram realizadas em produtos que já estavam desenvolvidos há mais tempo.

À medida que os Produtos Educacionais eram construídos e testados, foi se delineando mais claramente o entrelaçamento entre aspectos da História da Física e da Radioastronomia com cada um deles. Foi possível associar acontecimentos históricos relevantes a cada produto, conforme Quadro 20:

Produto	Fato Histórico Relevante	Física e Radioastronomia
Experimento de Hertz	Comprovação da natureza das ondas eletromagnéticas, teorizadas por Maxwell. Desenvolvimento das telecomunicações. Posteriormente, Efeito Fotoelétrico (Einstein, 1905,	Para o entendimento dos fenômenos astronômicos (relacionados à velocidade da luz, efeitos óticos, elétricos e efeito fotoelétrico); Sem entender e dominar o uso das radiofrequências não existira a

	Nobel de Física em 1921).	Radioastronomia.
Rádio de Galena Adaptado	Desenvolvimento das comunicações globais com a radiotelegrafia intercontinental; radiodifusão; telefonia via rádio. Marconi e Braun – Patentes de rádio. Nobel de Física, 1909.	Ondas de rádio; Indutores e capacitores; circuitos sintonizados; modulação em amplitude. O uso de um receptor rudimentar ilustra a imersão no campo eletromagnético e como captar as ondas eletromagnéticas de interesse (sintonia).
Radiotelescópio Antena Ku	Surgimento da Radioastronomia em 1931. Karl Jansky, Grote Reber. Desenvolvimento de grandes radiotelescópios.	Funcionamento das antenas; Monitoração das emissões de rádio do Sol; Emissões de radiofrequência com características do corpo negro.
Simulador Io-Júpiter	Descoberta das emissões de rádio de Júpiter em 1955. Burke e Franklin, pesquisando outras fontes pontuais no céu	Emissão de rádio Ciclotron e Síncrotron; Medições precisas do período de rotação de Júpiter; Interação com Io.
Simulador de Pulsar	Descoberta das estrelas de nêutrons. Jocelyn Bell e seu orientador Antony Hewish Nobel de Física – em 1974.	Emissões de rádio Síncrotron; Indução eletromagnética; Evolução estelar;
Simulador RCFM	Penzias e Wilson, Nobel de Física em 1978 pela descoberta	O Big Bang; Emissões térmicas; Micro-ondas. Efeito Doppler. Física Moderna.
Site Radioastronomia	Repositório de informações	Repositório dos Produtos Educacionais e divulgação científica
Oficina para Professores	Toda a história mencionada e relação com os Produtos	Produtos Educacionais. Aprendizagem significativa. Conteúdos de Física e aspectos interdisciplinares.

Quadro 20 – Produtos Educacionais, eventos históricos e a Física

A construção dos protótipos (Eixo 3) envolveu a aquisição, organização e listas de materiais e custos. Os produtos são constituídos por inúmeros componentes, por diversas peças, associados aos softwares para registro e análise dos dados de cada experimento, quando for o caso. A diversidade de materiais demandou a sua organização em caixas e a anotação dos diversos componentes em planilha *Excel*. Esta organização repercutiu na avaliação dos custos e se são adequados ao que se propõe. A organização facilitou o transporte dos Produtos Educacionais, para demonstrações em eventos de divulgação científica. Também auxiliou na eventual substituição de determinada peça por equivalentes. A planilha permitiu saber o custo de cada produto e identificar os materiais mais dispendiosos, para o planejamento de sua substituição por outros de preços menores.

Softwares utilizados nos produtos educacionais: alguns produtos requerem um programa de computador para coleta de valores de tensão pela placa de som que serão exibidos graficamente. O programa mais utilizado nos Produtos Educacionais propostos é o **Radio-SkyPipe** – desenvolvido e mantido pelo site *Radio-Sky Publishing*¹²⁸, que divulga informações sobre a Radioastronomia Amadora e incentiva a sua prática, ao

¹²⁸ *Radio-Sky Publishing*: <<http://www.radiosky.com/>>.

manter informações desde o nível básico ao mais avançado. O sítio possui menus com informações e links para complementar o conhecimento de quem quer praticar a Radioastronomia. Para as aplicações dos Produtos Educacionais, a versão gratuita pode ser utilizada, pois, nos experimentos iniciais, o programa é o coletor de dados das tensões geradas nas bobinas do Simulador de Pulsar, da antena do Radiotelescópio de Banda Ku e do receptor do Simulador Io-Júpiter, para exibir os valores de intensidade por tempo. A versão Pro é mais indicada para o uso com o receptor do *Radio Jove*, e foi fornecido com o kit adquirido.

Spectrum Lab¹²⁹. – desenvolvido e mantido por um radioamador: “DL4YHF's *Amateur Radio Software: Audio Spectrum Analyzer*”, o programa é um analisador de áudio especializado conversor de frequência, filtro de interferência de 60 Hz, registrador de dados etc, a partir dos sinais analógicos da entrada de áudio do computador. Pode ser utilizado com os produtos para demonstrar a frequência do sinal gerado em cada situação, na faixa de audiofrequência.

6.3 ROTEIROS DE CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO E OS PRODUTOS EDUCACIONAIS

Os Roteiros detalham a metodologia de construção proposta de cada produto. Para a elaboração dos roteiros, foi necessário definir sua configuração gráfica. Neles devem constar as instruções de construção dos artefatos e informações complementares com sugestão de aplicação dos experimentos, com base na pesquisa bibliográfica realizada.

Antes de definir o modelo adotado, foram realizadas consultas em diversos tipos de roteiros com propostas de atividades didáticas, alguns deles relacionados à Radioastronomia, como os do Projeto Partner e do ALMA. A pesquisa visou encontrar elementos estruturais comuns nos roteiros, para assimilar modelos de diagramação. Algumas fontes, no Quadro 21:

Instituição	Endereço eletrônico
MDSCC	https://www.mdscn.nasa.gov/upload/201409/Actividades_de_profundizacion_(Sol).pdf https://www.mdscn.nasa.gov/upload/201409/Actividades_de_profundizacion(Estrellas).pdf
PARTNeR	http://hcra.cab.inta-csic.es/Upload/200809/c1radiofuente.pdf
PARTNeR	http://partner.cab.inta-csic.es/Upload/201309/PG_RA_13.pdf

¹²⁹ Audio Spectrum Analyzer: <<http://www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html>>.

UNAWE	http://www.unawe.org/static/archives/education/pdf/Radioastronomy_activity_booklet.pdf
ALMA	http://www.almaobservatory.org/en/publications/radio-astronomy-manual-alma-at-school/
UENF	http://uenf.br/Uenf/Downloads/LCFIS_8991_1380660236.pdf
UFBA	http://www.fis.ufba.br/laboratorio-3

Quadro 21 – Pesquisa de roteiros

Percebemos duas tendências na elaboração dos roteiros nas instituições pesquisadas: os do tipo “cook-books”, em que predominam as instruções dirigidas, detalhadas e em sequência, mais limitadas e com pouca flexibilidade para os estudantes realizarem algo que não esteja predeterminado no roteiro. Outro tipo de roteiro prevê mais liberdade ao estudante, ainda que existam orientações para a realização das atividades. A metodologia aplicada aos roteiros está atrelada aos tipos de enfoque dado nos laboratórios. Do estudo realizado por ALVES FILHO (2000), foi possível identificar alguns tipos de roteiros, Quadro 22.

Fonte: Adaptado de ALVES FILHO, 2000, p. 63 - 75

Tipo de Laboratório	Tipo de Roteiro
Laboratório de Demonstrações	Não necessário (o estudante só observa)
Laboratório Tradicional ou Convencional	Restringe as atividades, rígido, é altamente estruturado e organizado (tipo “cook-book”);
Laboratório-Biblioteca	Estruturado e pouco flexível (como o tradicional), porém com poucas atividades e registros dos experimentos simples em cada roteiro;
Laboratórios “Fading”	Parte do roteiro tradicional, porém com menos informações. É evolutivo, dando margem a maior participação do estudante, “o aluno pode propor o experimento, compatível com as possibilidades do acervo existente e, então, planejar todos os passos”;
Laboratório Prateleira de Demonstrações	Não necessário (mas o estudante pode realizar experimentos extras);
Laboratório Circulante	Semelhante ao Laboratório-Biblioteca, o estudante pode levar o kit para realizar experimentos em casa
Laboratório de Projetos	Realizado pelo estudante, é mais indicado para cursos de formação para físicos;
Laboratório Divergente	Dois fases. (1) Exercício: cumpre as atividades propostas, com descrição detalhada dos experimentos, medidas etc; (2) Experimentação: realizado a critério do estudante.
Laboratório “Programado”	O estudante, sozinho, deveria alcançar uma série de objetivos. Deveria seguir passos propostos;
Laboratório Tipo “Ações Múltiplas”	Pode abordar diversos tipos de laboratórios e roteiros descritos anteriormente.

Quadro 22 – Tipos de Roteiros

Após o estudo destes roteiros, optou-se pela elaboração de um modelo que pudesse conciliar uma metodologia semelhante ao Roteiro do Laboratório “Fading”, no que concerne à organização que é estruturada, na sessão que descreve a construção dos Produtos Educacionais. Por outro lado, para os experimentos, a participação mais livre do estudante é incentivada. De modo que o roteiro proposto poderia ser classificado como do tipo Laboratório Divergente, por conciliar atividades dirigidas com atividades de livre condução pelos estudantes.

Apresentamos os Produtos Educacionais, a seguir. Estes mesmos produtos serão detalhados em termos de alguma contextualização histórica, lista de materiais, detalhes construtivos e propostas de atividades nos Roteiros constantes do Apêndice. A relação de cada produto com os PCN será tratada na seção 6.4.

6.3.1 Experimento de Hertz

O primeiro Produto Educacional de certa forma é um reconhecimento à pesquisa realizada por Heinrich Rudolf Hertz que, com sua engenhosidade, criou meios para entendermos melhor o eletromagnetismo. Pouco tempo depois dele, com a pesquisa realizada por outros cientistas, tal qual Marconi fez, encontramos usos práticos para as ondas de rádio. Teve início uma revolução tecnológica que criou campos de conhecimento desde as telecomunicações à Radioastronomia.

O produto denominado “Experimento de Hertz” ilustra de modo simplificado, uma das experiências feitas por Hertz, na década de 1880, para evidenciar a teoria de James Clerk Maxwell sobre a existência das ondas eletromagnéticas. Demonstrou que havia equivalência entre a propagação da luz e a das ondas eletromagnéticas, capazes de se propagar pelo espaço à mesma velocidade (no vácuo). No produto aqui descrito, nem todos os experimentos de Hertz serão replicados na sequência em que ele o fez. Para os experimentos, Hertz deveria empregar o que já era conhecido à sua época para gerar oscilações breves produzidas por descargas das garrafas de Leyden, ou capacitores, em circuitos de auto-indução (FAHIE, 1899, p. 179-180).

O aparato a ser construído consistia de um oscilador eletromecânico capaz de gerar tensões elevadas, conectado a esferas de latão das quais saltavam faíscas, ligadas a dipolos e elementos capacitivos. Hertz imaginou que, estando as teorias de Maxwell corretas, as ondas eletromagnéticas seriam transmitidas durante cada descarga das faíscas. Para provar isso, ele construiu um receptor que era uma bobina de fio de uma

única espira, aberta em um pequeno trecho, em cujas extremidades prendeu pequenas esferas metálicas, muito próximas, mas que não se tocavam (este tipo de dispositivo elétrico com uma pequena separação entre condutores refere-se a um equipamento do século XIX para medir as descargas elétricas, denominado *Riess spark-micrometer*¹³⁰ (HERTZ, 1893, p. 30)).

Com o circuito transmissor a uma distância de 50 cm do circuito receptor, faíscas de até 2 mm de comprimento foram observadas. Em distâncias maiores, o comprimento das faíscas diminuía rapidamente, sendo ainda observadas a distâncias de 1,5 m. O experimento não sofria interferências pela presença do observador entre os sistemas de indução e induzido. O próprio Hertz admitia a necessidade de melhores recursos para a medição do período de oscilação em seus aparatos. Ainda assim, reconheceu que sua pesquisa demonstrou a produção de oscilações em condutores metálicos.

Para replicar aparato semelhante ao de Hertz, com materiais de fácil acesso, que o professor e os estudantes possam adquirir a preços razoáveis, a ideia básica do experimento foi mantida, ou seja, a criação de um circuito transmissor e outro receptor, de modo que o professor e os estudantes possam realizar diversos experimentos, próximos ao que Hertz originalmente fez, ou, acrescentar outras sugestões dos estudantes durante as atividades práticas. Os materiais adaptados podem ser adquiridos de fornecedores locais ou pela Internet.

Por se tratar de uma montagem que envolve tensões elétricas elevadas, no roteiro há advertências para que seja construído apenas com a supervisão do professor. Em linhas gerais, são os seguintes componentes: Usina de acendimento elétrico de fogão a gás (do tipo para 4 bocas e do forno); Velas de acendimento com os respectivos fios com isolamento de alta tensão (AT) e conectores; LED de alto brilho e sensibilidade e lâmpada neon; Fios para antena do receptor; Estrutura de PVC para suporte do TX e do RX; Base de madeira. Montados conforme esquema da Figura 29.

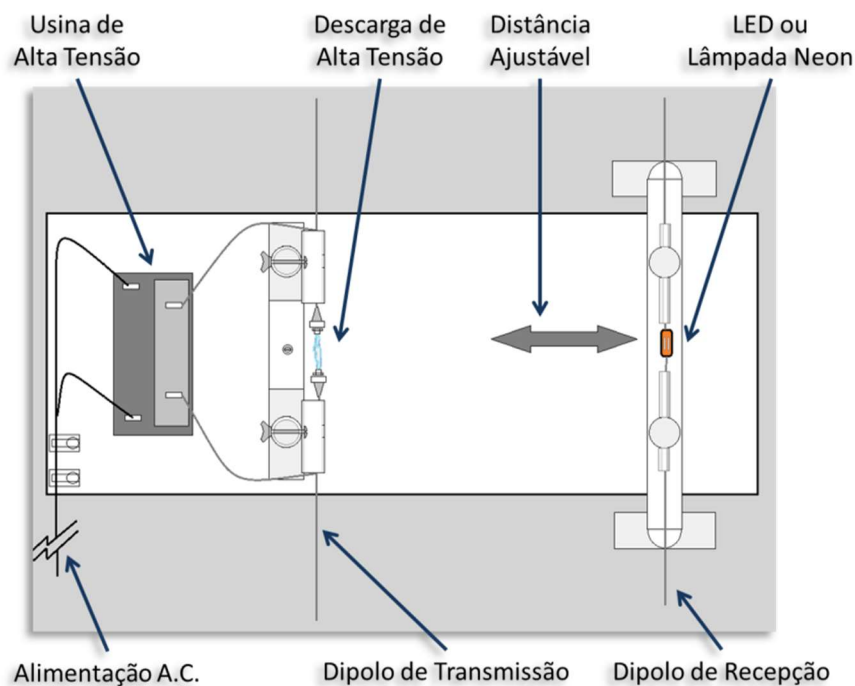
Optou-se pela usina de alta tensão, em vez de construir o circuito e a bobina responsável pelas descargas de alta tensão – o que poderia ser feito, mas demandaria mais tempo e aumentaria a complexidade, além de ser mais recomendável para um curso de perfil técnico. Assim, a usina de fogão gera as faíscas com as respectivas “velas de ignição”, também de fogão. Uma estrutura de apoio de tubos de PVC para os

¹³⁰ A reprodução de uma ilustração deste tipo de dispositivo pode ser encontrada no endereço eletrônico: < <http://earlyradiohistory.us/1917de.htm> > “*Radio Detector Development*”.

eletrodos da transmissão e outra estrutura de suporte móvel sobre a qual fica o circuito de recepção que é composto por um dipolo aberto.

No centro do dipolo instala-se uma lâmpada neon ou um LED, que são os elementos do circuito receptor. Este circuito indicará que o sinal eletromagnético foi recebido, com o acendimento intermitente do LED ou da lâmpada neon, demonstrando, assim, a propagação das ondas eletromagnéticas desde o circuito de transmissão até o de recepção, sem que haja contato elétrico entre os dois. A aquisição dos materiais, a eventual adaptação de algum item, a interpretação do circuito, a montagem e a interpretação do que ocorre em cada situação fazem parte da vivência curricular associada ao produto.

Figura 29 – Esquema de montagem do “Experimento de Hertz”



Fonte: Próprio autor

Transpondo-se a História da Ciência e os conteúdos de Física, eletricidade e eletromagnetismo, o professor poderá propor a construção deste experimento conjuntamente com os estudantes e utilizá-lo como laboratório móvel. Poderá mencionar questões do efeito fotoelétrico, percebido por Hertz, com a luz ultravioleta gerada nas faíscas elétricas interferindo na emissão das descargas. Fenômeno explicado por Einstein, a ser abordado quando tratar aspectos da Física Moderna.

Em termos de Radioastronomia, este experimento demonstrará aos estudantes os primórdios da descoberta das ondas eletromagnéticas e como Hertz estudou suas

propriedades básicas, fundamentais para uma compreensão de inúmeros fenômenos astronômicos e para percebermos que, sem o domínio das ondas eletromagnéticas, não teríamos atingido o patamar de desenvolvimento tecnológico atual. Este produto revela diversos aspectos de versatilidade que devem permitir ao professor de Física – em caráter interdisciplinar - utilizá-lo em distintos momentos de sua jornada letiva anual. Imagina-se seu uso para ser um gerador de ruídos eletromagnéticos, simulando uma pequena tempestade como as que ocorrem na atmosfera terrestre e de outros planetas.

O aluno pode ser convidado a refletir sobre o odor característico do ozônio, quando as descargas elétricas são ativadas, qual o fenômeno químico envolvido? Qual o papel do ozônio em relação à vida na Terra? Teriam as descargas atmosféricas alguma relação, no passado, com a origem da vida em nosso planeta? Aspectos que podem ser relacionados à Astrobiologia: as descargas atmosféricas podem cumprir o mesmo papel em algum dos exoplanetas descobertos em zonas habitáveis? E os raios ultravioleta?

Fenômenos eletromagnéticos de baixa frequência – VLF – são estudados para a compreensão dos cinturões de energia que circundam a Terra. A interação das emissões de rádio dos relâmpagos, com a magnetosfera que, ao circundarem a Terra, são distorcidos até se transformarem em sons semelhantes a assovios nos receptores de rádio de VLF. Receptores de VLF podem ser improvisados com as placas de som dos *notebooks*, para ilustrar a irradiação dos sinais de rádio e sua composição espectral com programas do tipo *SpectrumLab*, que já mencionamos.

Ou seja, é possível integrar o funcionamento do Produto Educacional Experimento de Hertz com outros conteúdos e atividades diversas, inclusive para medição das frequências geradas pelas descargas elétricas, cujos sinais de rádio podem ser captados por receptores de AM. Sua utilização pode enriquecer as possibilidades de pesquisa pelos estudantes e fazer perceberem como os campos de pesquisa científica são vastos e desafiadores. Não é porque se trata da reedição de um experimento do século XIX que este produto perdeu a atualidade de novos saberes, que nos desafiam no século XXI.

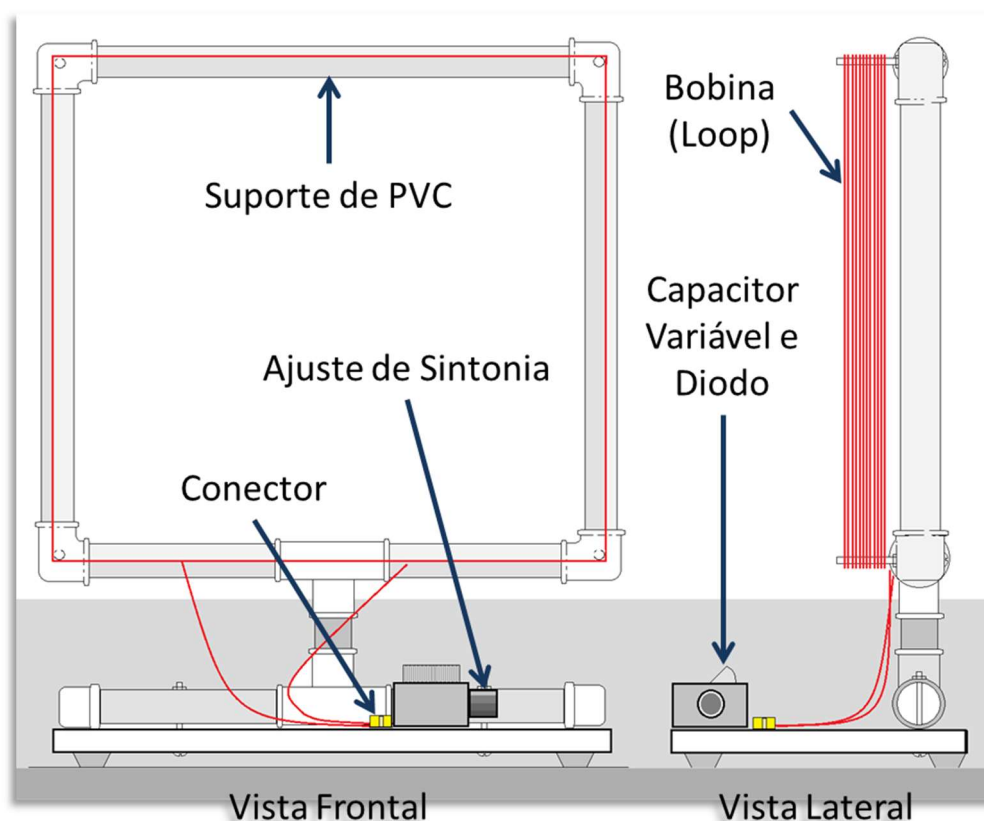
6.3.2 Rádio de Galena Adaptado

Este é um experimento de construção relativamente simples, que utiliza poucos componentes, encontrados no comércio de produtos eletrônicos e na Internet. É um receptor de rádio que não utiliza circuitos ativos de amplificação do sinal de

radiofrequência que chega à antena e é logo demodulado após a sintonia. É inspirado nos antigos rádios de galena, que funcionavam apenas com a energia de RF recebida, mas no caso, utilizamos componentes eletrônicos atuais.

Seu funcionamento, para efeito de demonstração na sala de aula, requer que o município onde o rádio será montado possua alguma emissora local de radiodifusão de Amplitude Modulada - AM (também denominada de Ondas Médias). Caso a cidade não possua emissora de AM, pode-se realizar outros tipos de experimentos com o circuito de sintonia funcionando como uma antena, para reforço ou atenuação dos sinais captados por outro receptor de rádio AM, neste caso um rádio transistorizado convencional. Esquema simplificado da montagem, na Figura 30.

Figura 30 - Esquema de montagem do “Rádio de Galena Adaptado”



Fonte: Próprio autor

Este é um Produto Educacional que pode ser montado pelos próprios estudantes e não oferece risco de choques elétricos. Desperta a curiosidade e chega a ser surpreendente exatamente por sua simplicidade. A mesma bobina utilizada neste receptor pode ser reaproveitada no produto Simulador de Pulsar.

Recomendamos a construção pelos estudantes, para que eles possam lidar com eventuais dificuldades de montagem, identificação dos componentes, leitura do circuito elétrico e o entendimento da lógica do seu funcionamento. O professor, evidentemente, deverá também montar e testar o funcionamento prévio de um receptor, para estar familiarizado com as dificuldades que os estudantes encontrarão. Em localidades com muitas emissoras de TV e FM de alta potência, o receptor pode captar interferências indesejáveis. O manual de montagem (no Apêndice) contém uma lista de componentes detalhada, mas em termos gerais, os componentes são:

Fio de cobre 26 AWG, esmaltado ou com capa plástica; Capacitor variável; Diodo de germânio 1N34 ou 1N60; Plugs P2, macho e fêmea; Caixa de som amplificada (usadas tipicamente com computadores e *notebooks*); Quadro de PVC, 40 x 40 cm; Base de madeira.

Quando a montagem estiver terminada e o rádio for ligado pela primeira vez, interligado à caixa de som, recomenda-se fazê-lo em ambiente silencioso, para ouvir os fracos ruídos captados pela antena e, eventualmente, alguma emissora. É possível ocorrerem erros de montagem: soldas frias, provocando maus-contatos; ligação errônea do diodo ou dos terminais do capacitor. Estes erros são sanados interpretando-se o circuito e sua correlação com os componentes, o que por si só representa novos aprendizados. A orientação da antena para captar o sinal com maior intensidade é outro fator importante, que trabalhará os conceitos de polarização da onda eletromagnética. O comportamento do circuito LC, indutor e capacitor em paralelo, constituindo um filtro “passa faixa” e a interpretação de sua fórmula matemática, são outros elementos a serem trabalhados pelo professor.

Tratar dos aspectos da história da invenção do rádio, que teve a contribuição de Marconi, contou com a participação de outros cientistas, Braun, Lodge, Righi, Branly, Sarasin, de la Rive, é outra abordagem a ser apresentada aos estudantes, com possibilidades de que eles pesquisem os fatos na Internet e nos livros para apresentações e debates na sala de aula.

Com este experimento, entendemos que os primeiros rádios funcionavam com poucos componentes, que, por sua vez, limitavam seu desempenho. Poderemos estabelecer uma correlação com a crescente necessidade do aprimoramento dos receptores, para uso comercial, militar, e em pesquisas. Percebe-se que, apesar de ser possível captar o sinal de rádio de uma emissora AM, com o receptor proposto, o sinal transmitido deve ser muito forte. Por outro lado, o receptor é sujeito a captar outros

sinais interferentes, por ter um circuito de sintonia que funciona, mas requer aprimoramentos para melhorias na seletividade. Foi a necessidade destes aprimoramentos que tornou os receptores sensíveis e seletivos o suficiente para captar sinais muito débeis, que percorreram milhares de quilômetros nas ligações intercontinentais de Ondas Curtas. A descoberta dos sinais emitidos pela via Láctea, por Karl Jansky, a partir de suas pesquisas em 1931, dependeu de receptores sensíveis e possibilitou o surgimento da Radioastronomia. Com o aprimoramento das técnicas de recepção, já captamos sinais de fontes situadas a milhões de quilômetros de distância, no Espaço.

O circuito típico do Rádio de Galena Adaptado não é exatamente uma novidade e existem outras versões que podem ser implementadas pelos estudantes e professores. Uma pesquisa rápida na Internet revelará inúmeros resultados com esquemas elétricos e vídeos de vários tipos de montagens. O tipo de antena em “loop” foi adotada na montagem proposta por ocupar pouco espaço, permitir experimentos com a polarização da onda eletromagnética, com o circuito LC, e a possibilidade de uso em outros experimentos.

Depois do rádio e da televisão, hoje temos uma predominância de acessos em telefonia móvel, com a tecnologia *wireless* possibilitando acessos em alta velocidade à Internet. Assim, uma série de encadeamentos históricos, elementos técnicos básicos de eletrônica, conteúdos de eletricidade e eletromagnetismo, podem resgatar o que foi abordado nos livros didáticos, de pesquisas na Internet etc., em busca da aprendizagem significativa. Destacamos também a relevância das atividades decorrentes da interação entre os estudantes para a organização, aquisição e montagem do receptor, e a interpretação do que ocorre durante seu funcionamento. Para este produto, também podemos estabelecer relações com os PCN, conforme Seção 6.4.

As atividades práticas na oficina da sala de aula incentivam a reflexão dos estudantes sobre o surgimento deste artefato tecnológico muito simples, mas que em seu âmago permitiu o desenvolvimento das redes de telefonia sem fio que conectam os dispositivos móveis, com seus aplicativos, redes Wi-Fi, satélites. Analogamente, fazem a ponte para captarmos dados científicos de objetos celestes distantes com as antenas da Radioastronomia. O que um dia pareceu mágica para quem viveu no começo do século XX, no século XXI corre o risco de não ser mais percebido como algo intrigante, que exige o entendimento básico dos elementos sintonizados para seu funcionamento. A comunicação via rádio é muito importante em nossa sociedade de modo que devemos

instigar os estudantes a entenderem seu princípio de funcionamento e o contexto em que se dá o seu desenvolvimento.

6.3.3 Simulador Io-Júpiter

Juntamente com o Simulador de Pulsar, este é um dos Produtos Educacionais que reproduzem no ambiente escolar os elementos presentes numa observação radioastronômica: o objeto celeste, neste caso o planeta Júpiter e o satélite natural Io; a interação com o campo magnético do planeta como um dos mecanismos que gera as ondas de rádio; a sua propagação no espaço; sua captação em algum observatório na Terra; o registro e a interpretação destes sinais pelos astrônomos. Sinais de rádio de Júpiter foram identificados inicialmente em 1955¹³¹ por Bernard Burke e Keneth Franklin, do Instituto Carnegie, de Washington D.C., utilizando um arranjo de antenas dipolo, semelhantes às do radiotelescópio experimental do *Radio Jove*.

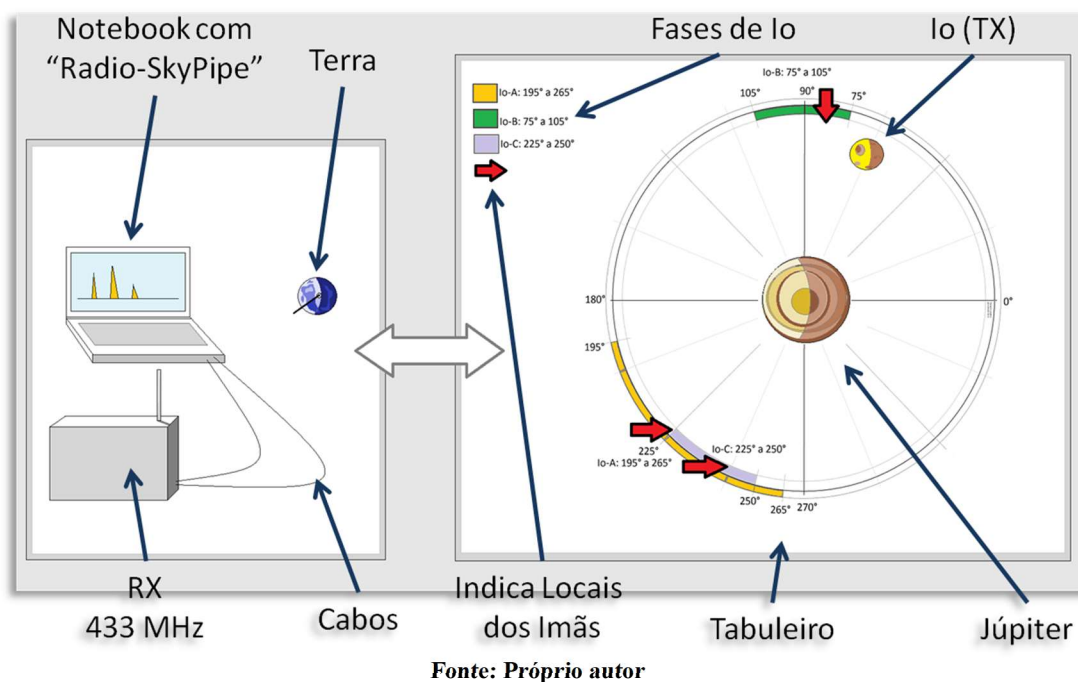
Com o kit do receptor do *Radio Jove Project* foram encaminhados materiais de estudo sobre uma teoria que explica como as emissões de rádio do planeta gigante são geradas. Particularmente nas radiofrequências de Ondas Curtas, por meio de emissões cíclotron e síncrotron. Medições realizadas durante muitos anos permitiram definir com mais precisão o período de rotação de Júpiter, as características do seu campo magnético por meio do estudo da polarização das ondas eletromagnéticas. Outro aspecto é a interação de Io com partículas carregadas que produzem as correntes elétricas entre Júpiter e o satélite.

Com a interação e a percepção de certa regularidade nas emissões de rádio, dependendo da posição de Io, as chances de captarmos as ondas decamétricas na Terra aumentam. A fase de Io em relação a Júpiter e em relação à Terra foi definida de modo que, quando Io está diretamente atrás de Júpiter em relação à Terra, convencionou-se estar a 0°; quando Io está em frente a Júpiter, em relação à terra, temos 180°. As observações evidenciaram correlações entre as fases do Io em que mais ocorrem emissões de rádio de Júpiter, auxiliando as observações futuras, com tabelas de probabilidades, como as do programa *Radio-Jupiter Pro*¹³².

¹³¹ The Discovery of Jupiter's Radio Emissions: <https://radiojove.gsfc.nasa.gov/library/sci_briefs/discovery.html>.

¹³² Programas úteis à observação de Júpiter: <<https://radiojove.gsfc.nasa.gov/software/>>.

Figura 31 - Esquema de montagem do “Simulador Io-Júpiter”



Replicar como estes sinais chegam até nós pode levar aos estudantes do Ensino Médio atividades com características de investigação e realização prática, envolvendo diversos conteúdos. Em vez de propormos a aquisição e montagem do kit do *Radio Jove*, o que é uma possibilidade a ser considerada em outros projetos, neste produto replicamos como se faz a observação, com a Radioastronomia amadora, por meio da construção de maquete do planeta Júpiter e de Io e da utilização de transmissor e receptor de rádio adaptado para simular as emissões, conforme esquema simplificado, Figura 31 (vista de topo).

Assim, temos maquetes dos planetas Júpiter e da Terra, e do satélite natural Io, bem como simuladores do receptor de um radiotelescópio na Terra e do processo de transmissão em Júpiter/Io. Por questões práticas utilizamos frequências (TX/RX 433 MHz, em vez de 21 MHz) diferentes daquelas da faixa decamétrica, mas são úteis para ilustrar o que se sabe até hoje das emissões de rádio do sistema Joviano.

Incorporamos também conteúdos e temas relacionados aos PCN, conforme esquematizado na Seção 6.4. Inicialmente, o produto foi concebido como uma maquete utilizando um globo motorizado para Júpiter, com um braço móvel para Io, tornando esta versão típica para projeto de uma feira de ciências. Também pode ser realizado em versão simplificado, para o laboratório em sala de aula, com o globo representando Júpiter, sem o motor, e Io manipulada diretamente pelos estudantes. O manual de

construção detalha uma sugestão para motorizar o globo de Júpiter e um suporte móvel para Io (detalhes no Apêndice).

Assim, em termos básicos, temos: Globos de isopor, em tamanhos diferentes e fora de escala, pintados, representando Júpiter e Io; Estruturas de suporte, motorizadas ou não; Globo terrestre de 15 cm; Imãs de neodímio para representarem o campo magnético de Júpiter; Banner plotado com as sinalizações dos pontos orbitais de Io, em relação a Júpiter onde se sabe, devido aos registros de observações de muitos anos, que há maior probabilidade de emissões de rádio que serão captadas na Terra. Montagem do simulador do emissor do sinal de rádio de Io/Júpiter, com transmissor adaptado de chaveiro de abertura de portão, na faixa de 433 MHz. Montagem do simulador do receptor na Terra, com adaptação de receptor de 433 MHz, usado originalmente na plataforma Arduino; Uso opcional do Software *Radio-Jupiter Pro*, específico para entender as noções de predição dos eventos do sistema Joviano; Uso do software *Radio-SkyPipe* para registro gráfico do sinal recebido; Caixa de som para registro sonoro do sinal captado no receptor.

Este é o produto educacional que provavelmente exigirá do professor exercitar múltiplas capacidades, pois envolverá a construção das maquetes, a construção das adaptações do transmissor e receptor, a organização das diversas peças que o compõem, a organização e distribuição das tarefas com os estudantes e o estudo do sistema de Io e Júpiter – em inglês e português, para a transposição didática com os estudantes. Materiais didáticos complementares - de apoio ao professor - podem ser encontrados no portal do *Radio Jove*, em *Education*¹³³.

Um elemento importante a ser abordado com os estudantes: a noção das escalas envolvidas. Deve-se esclarecer que o produto é uma representação de um sistema muito complexo, que, de fato, ainda não é muito bem entendido até hoje. Ou seja, os estudantes estarão lidando com a vanguarda da ciência ao mergulharem no estudo de Júpiter e Io. De fato, um dos maiores estímulos para a construção deste produto educacional é compreender que o entendimento do que ocorre em Júpiter justifica investimentos como o envio da sonda espacial JUNO.

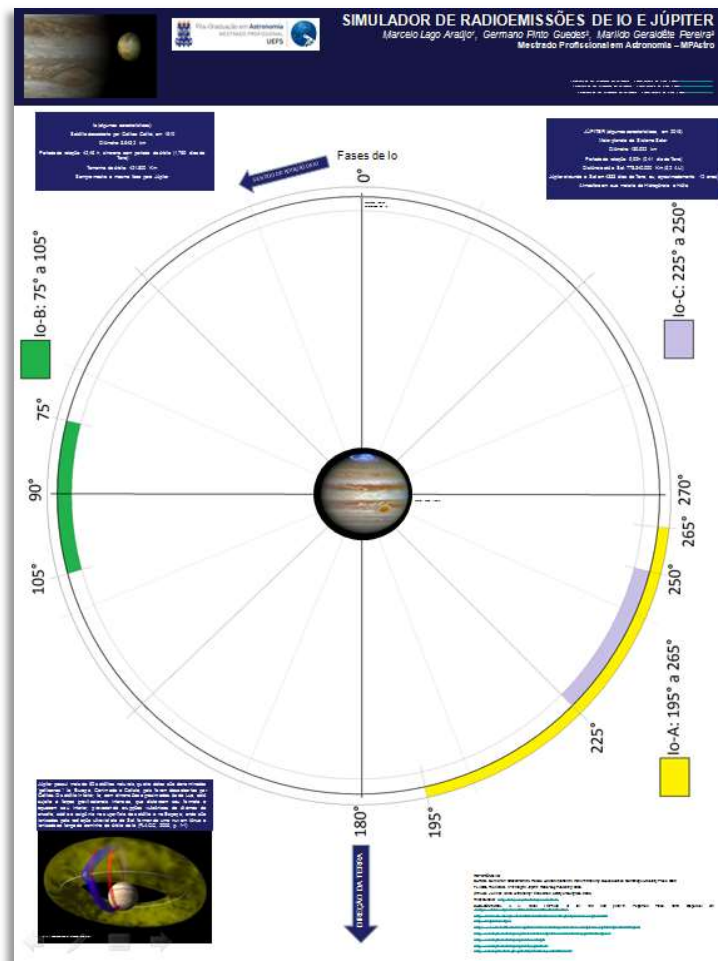
Atualmente (2017) em órbita de Júpiter, a sonda foi projetada para coletar dados e compor uma imagem do campo magnético que cerca o planeta e entender sua estrutura, dentre outros aspectos, como é a composição de sua atmosfera e entender o que ocorre no interior de um planeta gigante. A JUNO possui antenas de rádio que

¹³³ The RJ Project's Education Page: < <https://radiojove.gsfc.nasa.gov/education/>>.

também são utilizadas para sondar o que ocorre na magnetosfera de Júpiter. Um modelo em papel da sonda pode ser usada com o simulador.

O professor poderá utilizar os vídeos da JUNO em sua jornada a Júpiter, e as impressionantes imagens divulgadas pela NASA. Poderá utilizar vídeos que ilustram a magnetosfera do planeta e solicitar pesquisas do sistema aos estudantes, inclusive com a comparação das distâncias envolvidas, períodos orbitais, rotação, diâmetros comparativos da Terra, de Io e Júpiter, para que fique claro que o produto é uma representação fora de escala.

Figura 32 – Tabuleiro do Simulador Io-Júpiter, com a órbita de Io e as regiões Io-A, Io-B e Io-C



Fonte: Próprio autor

Outras noções que podem ser abordadas: as emissões de rádio em amplo espectro de frequências. Depois do Sol, o planeta é o corpo mais ativo e potente para emissão de rádio do Sistema Solar, mas que estas frequências podem ser bloqueadas por nossa atmosfera – especialmente a Ionosfera – para as observações decamétricas. Este

fator deve ser considerado, o que justifica as observações noturnas, quando a Ionosfera se torna transparente. Mesmo com alta potência na origem, os sinais chegam fracos à Terra e os receptores estão sujeitos às interferências locais. Nesse sentido, o receptor usado no simulador também está sujeito a muitas interferências na faixa de 433 MHz, o que bem ilustrará o problema.

O tabuleiro mostrado na Figura 32 indica a posição relativa entre as fases de Io e Júpiter, e a posição de ambos em relação à Terra (setas). Estão sinalizadas nessas fases as regiões em que há maior probabilidade de emissões de rádio – em função da posição de Io – para que possamos captar os sinais decamétricos na Terra (FLAGG, 2005, p. 1-2 – 1-5).

Este é mais um produto em que a metacognição poderá ser vivenciada. A realização deste projeto permitirá grandes oportunidades de diálogo entre o professor e os estudantes, na organização da montagem do Produto e nas adaptações que porventura sejam necessárias à sua execução. Propiciará um amadurecimento na assimilação dos conceitos por ser necessário extrapolar a abstração das teorias de emissão de rádio para um artefato que simula uma realidade distante milhões de quilômetros de nós.

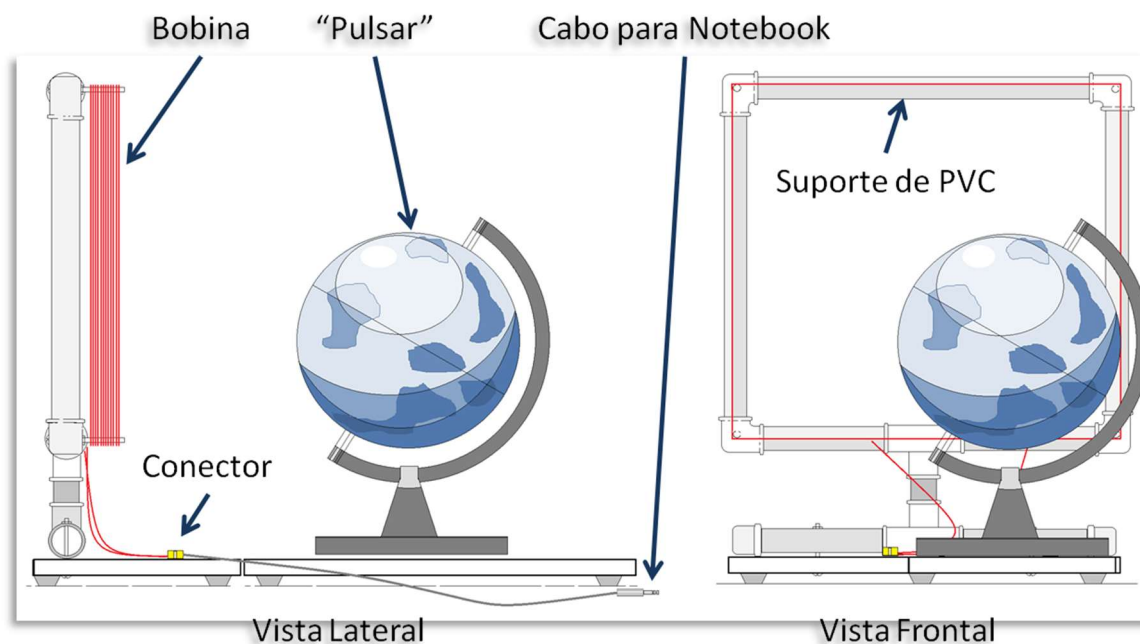
Ao mesmo tempo, alguns dos fenômenos que ocorrem na magnetosfera de Júpiter também ocorrem em menor escala na magnetosfera da Terra. Há pesquisas em andamento para a descoberta de exoplanetas a partir dos sinais de rádio semelhantes aos que são estudados em Júpiter. Por outro lado, este é um simulador que nos lembra para estarmos atentos a cada elemento em sua configuração que simplifica fenômenos, mas capazes de nos transportar à representação de uma realidade muito mais complexa e para o entendimento da qual ainda estamos nos estágios iniciais.

6.3.4 Simulador de Pulsar

As estrelas de nêutrons fazem parte do processo de evolução estelar, sendo o destino para aquelas estrelas com massa cerca de 1,4 vezes maiores que a do nosso Sol, mas não maiores do que 3 vezes o seu tamanho. Em certo tempo de sua evolução, as estrelas nesta faixa de massa poderão entrar em colapso sobre o próprio peso e explodirem dando origem a uma nebulosa e a uma estrela muito densa e pequena, que girará em alta velocidade. Esta estrela possuirá um intenso campo magnético, será circundada por partículas carregadas e poderá emitir radiações do tipo síncrotron. Se o eixo do campo magnético estiver deslocado em relação ao eixo de rotação da estrela,

como ocorre na Terra, por exemplo, a radiação emitida será uma espécie de farol cósmico. Se estivermos na direção deste feixe de irradiação eletromagnética, sintonizando a mesma frequência, antenas sensíveis captarão o sinal de rádio como pulsos. A estas estrelas de nêutrons, damos o nome de pulsares.

Figura 33 - Esquema de montagem do “Simulador de Pulsar”



Fonte: Próprio autor

O simulador de Pulsar leva para a sala de aula um dos fenômenos mais intrigantes da Astronomia. Neste simulador, um globo terrestre didático é pintado e adaptado com ímãs de neodímio para, ao ser girado, produzir a indução de um campo magnético numa bobina, Figura 33. A tensão induzida é captada pela placa de som de um *notebook* e analisada por dois tipos de *softwares*: “RadioSky-Pipe” e/ou “Spectrum Lab”. As formas de onda obtidas na tela do computador são semelhantes às de um pulsar real.

Sua construção possibilitará o exercício de habilidades dos professores e estudantes para adaptarem os materiais para que passem a representar o objeto cósmico. O Roteiro detalha a construção, mas em resumo teremos: 1 computador/notebook com o *software Radio-SkyPipe*; 1 Globo terrestre de cerca de 25 cm de diâmetro, com sua base original; 2 Ímãs de neodímio (2 cm); Bobina em loop de 40 cm de lado (reutilizar a bobina do Rádio de Galena Adaptado); Fios e conectores P2 para interligar ao notebook; Fita métrica.

Um dos livros didáticos analisados para este trabalho: Física 3, Editora Ática, 2013/2014, (GUIMARÃES, PIQUEIRA, CARRON, p. 266-269, 2014), traz na Unidade 4, “O muito Pequeno e o Muito grande”, Capítulo 11, em Cosmologia e partículas elementares, das estrelas de nêutrons em “A vida de uma estrela”: o tema não é estranho ao material didático tradicional presente nas escolas. Este pode ser um ponto de partida para aprofundar o que os alunos sabem sobre a evolução estelar. Também trata conhecimentos da Física convencional dos conteúdos do eletromagnetismo.

Com o simulador de pulsar construído e em funcionamento, os estudantes poderão: Medir valores de intensidade relativa do sinal captado pela bobina de loop em função da distância; Relacionar esta queda do valor medido com a teoria da queda da intensidade do sinal eletromagnético em função da distância; Medir a frequência dos pulsos captados em função da rotação da estrela de nêutrons; Especular sobre o que acontece se os ímãs que representam o campo magnético da estrela forem instalados em locais diferentes do globo; Efetuar este experimento e comparar com as especulações anteriores; Associar o globo da estrela de nêutrons do simulador com uma estrela real e a bobina de loop a um radiotelescópio na Terra; Relacionar o funcionamento do simulador e seus componentes à teoria do eletromagnetismo; Exercitar a metacognição¹³⁴ ao construir e desconstruir o simulador – confrontando o que sabem do modelo de uma estrela de nêutrons real com a do simulador construído.

Terão consciência das limitações dos modelos que os simuladores representam, mas ao mesmo tempo terão noção de que eles podem colaborar para complementar as informações que obtiveram em fontes de informações teóricas. Lidarão com os conceitos da Astronomia e Radioastronomia ao tempo em que farão as atividades práticas com o produto e a sua construção, com as quais relacionarão pesquisas que lhes fornecerão saberes prévios à realidade vivenciada no laboratório na sala de aula.

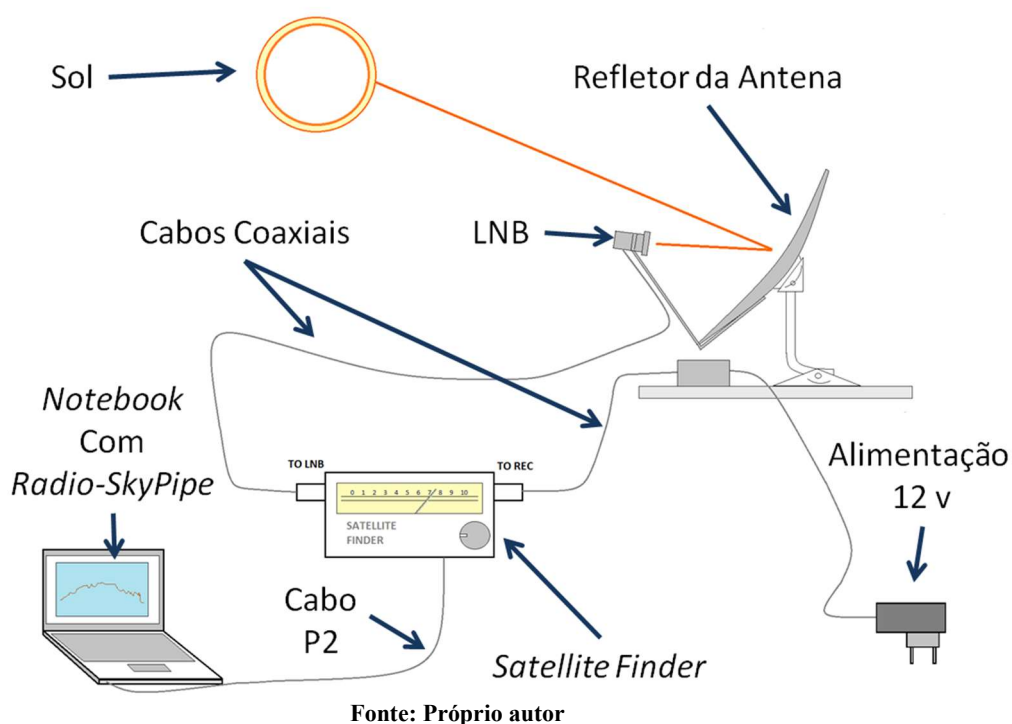
6.3.5 Radiotelescópio com Antena Banda Ku

Um radiotelescópio pode ter inúmeros formatos, que dependem do tipo de montagem (equatorial, altazimutal), ou do tipo de antena (dipolos, log periódicas, yagi etc.), das faixas de frequências, da sensibilidade, da possibilidade de utilização em interferometria etc. Os radiotelescópios com refletores parabólicos possuem uma tipologia facilmente reconhecível, geralmente caracterizada pelo prato de grandes

¹³⁴ Metacognição - <http://www.scielo.br/pdf/epec/v15n1/1983-2117-epec-15-01-00095.pdf>

dimensões, às vezes um sub-refletor e, no foco da antena, o alimentador, e as diversas ferragens de suporte que permitem a movimentação para apontamento ao objeto em estudo. As estruturas preferencialmente estão situadas em algum local ermo, ou cercado de montanhas, para minimizar a captação de sinais interferentes.

Figura 34 - Esquema de montagem do Radiotelescópio com Antena Banda Ku”



Adotamos a ideia da adaptação da antena comercial de recepção de satélite, que é praticada em diversos países, incluindo o Brasil¹³⁵, e é objeto de trabalhos acadêmicos e amadores, para observações do Sol, da Lua e de emissões de radiofrequências por processos térmicos. O produto é composto por: Antena banda Ku, completa, com o LNB; *Satélite Finder* analógico; Estrutura de suporte; Cabos e adaptadores para interligação do *Satélite Finder*; Fonte de alimentação, com choque de RF; *Notebook* com programa *Radio-SkyPipe*. Esquema de montagem simplificado na Figura 34.

O Sol possui uma dimensão angular relativamente grande no céu, com cerca de $0,5^\circ$, sendo mais fácil de ser localizado do que fontes pontuais e emite radiação em diversas faixas de frequências. É interessante esclarecer que, apesar de irradiar sinais desde as frequências mais baixas do espectro eletromagnético, nossa atmosfera reflete de volta para o espaço parte desta radiação. Mesmo na faixa de ondas curtas, nem

¹³⁵ Radiotelescópio: < <https://www.ucb.br/sites/100/118/TCC/2%C2%BA2007/TCCkley2007.pdf> >.

sempre a atividade solar produz sinais de rádio intensos o suficiente para superar esta barreira na ionosfera. Para as micro-ondas, no entanto, na faixa Ku, a atmosfera é transparente.

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

Os estudantes, então, terão contato com os seguintes aspectos: em Geografia, coordenadas e mapas; Noções de elementos fundamentais da esfera celeste (polo celeste; equador celeste; paralelo celeste; círculo horário ou declinação; eclíptica; trópicos celestes; zodíaco); Noções de funcionamento da antena parabólica, com e sem offset; Eletromagnetismo – propagação das ondas de rádio no espaço livre; Cálculo simplificado de um enlace de rádio via satélite; TIC e inglês, para pesquisas na internet. Que são compatíveis com os Temas do PCN+.

Antenas são componentes essenciais em nossa sociedade conectada com tecnologias sem fio. O desenho das antenas nos dispositivos modernos evoluiu ao ponto de estes componentes serem integrados em telefones celulares e roteadores *Wi-Fi* de modo a não serem mais visíveis. Novas pesquisas já apontam para antenas de dimensões ultracompactas¹³⁶, acionadas acusticamente, pelas radiações eletromagnéticas. Mesmo que as antenas sejam miniaturizadas e incorporadas aos circuitos integrados (chips), desaparecendo virtualmente até mesmo das placas de circuito impresso, entender o seu funcionamento deve continuar a fazer parte dos conteúdos de Física.

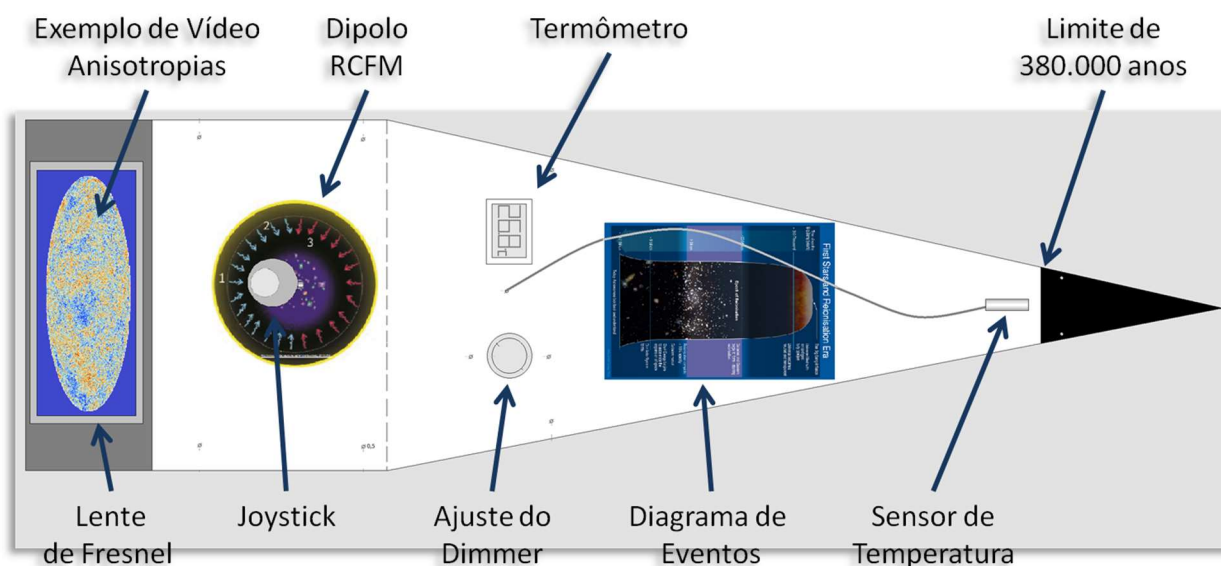
6.3.6 Simulador da Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas – RCFM

Para representar os diversos aspectos da teoria do Big Bang, da origem do Universo, foi construído um artefato físico caracterizado por possuir vários dispositivos acoplados em uma caixa, com a posição dos elementos detalhada na Figura 35. Esta

¹³⁶ Acoustically actuated ultra-compact NEMS magnetolectric antennas: <<http://www.nature.com/articles/s41467-017-00343-8>>.

caixa possui um formato piramidal que representa desde o momento da singularidade do *Big Bang* até o presente, quando temos a captação da Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas. O presente é representado pela tela com a lente de Fresnel que amplia imagens de um celular. A partir do vértice da pirâmide, uma pequena extensão é pintada de preto. Esta seção representa a expansão inicial do Universo, a alta densidade e temperatura, desde o tempo do começo do Big Bang até cerca de 380.000 de anos após o evento. Como as dimensões que parecem partir de um ponto muito denso e quente e se expandir. Nesta parte da caixa, um dispositivo interno permite aumentar a temperatura, para representar a alta temperatura inicial do Universo. Há um controle feito por um “dimmer” adaptado à montagem. Esta variação de temperatura pode ser percebida e medida com o termômetro digital.

Figura 35 – Esquema de montagem do Simulador RCFM



Fonte: Próprio autor

O efeito Doppler, que implica na medição do efeito dipolo na RCFM, é ilustrado com um joystick acoplado a LEDs do tipo RGB. Os LEDs estão interligados de tal modo que, a depender da direção para onde apontarmos o controle do joystick, os LEDs naquela direção acenderão na cor AZUL. É a representação de que, pelo efeito Doppler, o desvio a ser medido seria para o azul, o que significa que no momento da medição realizada nos aproximaríamos da fonte de RCFM. No lado oposto ao movimento, ao mesmo tempo, os LEDs acendem na cor VERMELHA, representando o *redshift*, o desvio para o vermelho. Ou seja, estes LEDs indicam o nosso afastamento da fonte da

RCFM no momento da medição, naquela direção de observação. Acoplado ao Joystick, há uma cartela com imagem impressa do dipolo. O joystick representa nossa posição no Universo, de onde, a partir da direção do nosso movimento, perceberemos o Efeito dipolo, pois a RCFM é percebida de qualquer local para do céu onde se aponta a antena.

Completando a caixa, um visor com uma lente de Fresnel, utilizada para ampliar telas de *smartphones*. Dentro desta parte da caixa, ficará o *smartphone* exibindo vídeos ou imagens da RCFM. Com a imagem estática da RCFM, temos a simbologia de que a radiação eletromagnética correspondente às altas temperaturas do período posterior ao Big Bang, de cerca de 3000 K, hoje corresponde à temperatura do Universo observável, de cerca de 2,7 K acima do zero absoluto. Esta imagem representa as pequenas variações de temperatura, as anisotropias.

Com parte da caixa em formato de uma pirâmide, e parte da estrutura frontal adaptada para conter uma tela, foi pensada para que possa exibir imagens e vídeos produzidos pelos estudantes com seus dispositivos móveis, *tablets* ou *smartphones*. A solução adotada para que o *smartphone* seja a tela de exibição do vídeo é ampliá-la com a lente de Fresnel. Outra opção é utilizar um *tablet*, cuja tela é maior e permite mais interatividade. Curiosamente, o formato piramidal da caixa se assemelha à antena de corneta que Penzias e Wilson utilizaram na década de 1960, com a qual captaram a radiação cósmica de fundo.

Assim como nos radiômetros utilizados nas sondas que mapearam a RCFM, que são extremamente sensíveis a variações de temperatura, provocadas pela incidência de micro-ondas na antena, neste Produto Educacional foi adotado um gerador de calor interno e um medidor de temperatura, para representar este comportamento dos dispositivos de detecção da RCFM. Com as variações de temperaturas controladas pelo *dimmer*, estamos simbolizando as mínimas variações que foram mapeadas com a WMAP e a PLANCK, por exemplo.

Na caixa do simulador, são afixadas imagens das fases pelas quais passou o Universo em sua evolução, no diagrama de eventos: desde o Big Bang, passando pelo período de inflação, até o momento em que o Universo se torna neutro e transparente, 380.000 após a singularidade; de 380.000 até cerca de 400.000.000 de anos, quando galáxias e quasares começam a se formar, Época da Reionização; 1 bilhão de anos, com a evolução das galáxias, energia escura começa a acelerar a expansão do universo; 9 bilhões de anos, formação do Sistema Solar; o Presente, quando percebemos a RCFM nas antenas de micro-ondas.

Sua construção envolveu diversos materiais: Folhas de Eucatex; Joystick; Resistores; LEDs; Fios; Termômetro digital; Ferro de soldar; *Dimmer* analógico; Lente de Fresnel; Parafusos e porcas, impressão de imagem da RCFM e pintura da caixa. A construção da caixa em forma de pirâmide, atentando para suas medidas, com os recortes necessários para acomodar o joystick, o termômetro e a tela; Pintura externa e interna; Ajustes de encaixe para o formato piramidal. Download de vídeos da Internet sobre a RCFM, ou edição de vídeos pelos estudantes.

Possibilidades de utilização: Estudantes pesquisarem sobre a RCFM e editarem vídeos para exibição na tela do produto; Efetuarem medições de temperatura e compararem os valores com as temperaturas teóricas das fases da evolução do Universo, convertendo as unidades de medida (K e °C); Experimentos associados com a antena de banda Ku para recepção da emissão térmica de fontes diversas; Expansão do espaço-tempo, associando o formato da caixa com a expansão do espaço e do tempo; Analisar o formato da caixa e estabelecer analogia com o formato da antena utilizada por Penzias e Wilson, explicando o funcionamento da antena. Com o termômetro do simulador medimos isotropia, como poderíamos mediar as anisotropias?

Assim como o Simulador de Io-Júpiter, este produto se tornou relativamente complexo e é um típico produto para feiras de ciências. O esquema de montagem e o Roteiro de Montagem constam do Apêndice.

6.3.7 Criação do Sítio www.radioastronomia.pro.br

A criação do sítio na Internet cumpre um dos objetivos da pesquisa com a divulgação do trabalho realizado, reúne informações sobre a Radioastronomia divulgando-as para outros professores, estudantes ou interessados no assunto. É o repositório dos Produtos Educacionais, permitindo livre acesso aos Roteiros. Com a seção do *Blog*, informações atualizadas sobre inovações tecnológicas, Astronomia, indicação de livros, filmes, materiais de apoio ao professor. A ideia de criar o sítio na Internet visa facilitar o acesso aos produtos desenvolvidos no mestrado, reunindo-os num mesmo endereço eletrônico, indexado para pesquisa nas ferramentas de busca na Web. A publicação de informações adicionais no *Blog* e a possibilidade de atualização posterior dos produtos serão contribuições adicionais para divulgar o ensino da Astronomia.

Para hospedagem da página na “nuvem” e gerenciar a sua edição, foi escolhida a plataforma Wix¹³⁷, que possui diversos *templates*, modelos que podem ser personalizados de acordo com o perfil de cada usuário. Com a plataforma, o endereço pode ser acessado em computadores pessoais e *smartphones*, sem efetuar outros ajustes. O domínio para o endereço “www.radioastronomia.pro.br” foi adquirido no NIC.BR - Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR¹³⁸. Foi adotada a configuração do protocolo “https”, por conferir maior segurança à navegação.

De modo a obter efetividade, para que o carregamento da página não consuma excessivamente a banda de dados do usuário, especialmente para acesso em *smartphones*, os arquivos de imagens são mantidos no menor tamanho possível, sem sacrificar sua qualidade visual. Arquivos de vídeo – são os hospedados no *Youtube* e *Vimeo*. Não são usados recursos de animação nem de multimídia ostensivos.

Figura 36 – Blog e Produtos Educacionais na página www.Radioastronomia.pro.br



Fonte: Próprio autor, criado com a Plataforma WIX

Na página inicial, há breve apresentação do sítio e explicação sobre a Radioastronomia. Possui *links* para o MPAstro, menção ao desenvolvimento dos Produtos Educacionais e à Radioastronomia Experimental, com *links* para o *Radio Jove* e *Inspire Project*. Na parte superior uma imagem de fundo com as antenas da Estação

¹³⁷ Plataforma de desenvolvimento web: <www.wix.com>.

¹³⁸ Domínios ponto BR: <https://registro.br/>.

MDSCC, em Madrid é imagem comum a todo o sítio. Predominam as cores branca, azul, cinza e salmão, da cartela de cores da plataforma Wix.

Conforme indicações da Figura 36, logo abaixo da foto da MDSCC estão agrupados os conteúdos em uma barras de título, com a guia com os botões de navegação. Clicando-se em “Sobre”, há um detalhamento do trabalho e a respeito da Radioastronomia, com breve currículo, e links de interesse para mais informações de Astronomia. Em “Publicações”, estão os links para cada Produto Educacional. Este é o repositório em si, com os roteiros de cada produto (que constam no Apêndice desta dissertação). Em “Contato”, um formulário simplificado para as mensagens, que são direcionadas para o endereço de e-mail radioastronomia.ba@gmail.com. Cada publicação do sítio é indexada para que as ferramentas de busca divulguem as informações postadas.

6.3.8 Oficina para Professores

A estruturação de uma oficina para professores foi considerada como um Produto Educacional constituído pela reunião e divulgação em evento de divulgação científica de todos os produtos descritos até aqui. É uma maneira de divulgar a Astronomia e a Radioastronomia para os professores, evidenciando a associação com os conteúdos da Física e de outras áreas do conhecimento. Cada produto seria apresentado e detalhado em relação aos aspectos construtivos, funcionais e do ensino da Física.

Na oficina seriam replicados os conceitos da revisão de literatura das Ondas Eletromagnéticas e da Aprendizagem aplicada à aprendizagem dos conteúdos propostos em cada produto. Uma grande atenção seria dada à vivência da Radioastronomia Amadora, como um modo de associar o experimento em campo com o desenvolvimento direto de atividades didáticas. O *Radio Jove*, o radiotelescópio experimental, mais uma vez seria utilizado na oficina para exemplificar este processo de transposição didática, que resultou no Produto Educacional Simulador de Io-Júpiter, bem como na consolidação dos demais produtos desenvolvidos.

A proposta da realização das atividades com a adoção dos Mapas Conceituais e dos Diagramas em Vê, como instrumentos para a aprendizagem significativa dos conceitos e instrumento de avaliação, seria sugerida nos moldes da teoria de Ausubel, a partir dos estudos de Novak e Gowin. Seria uma maneira de estimular a metacognição nos estudantes, com a mediação dos experimentos e a atuação do professor neste

processo. Uma oficina para professores também seria um modo de avaliação contínua dos Produtos Educacionais, percebendo possíveis críticas e soluções para problemas que podem não ter sido percebidos quando da sua concepção.

6.4 OS PRODUTOS EDUCACIONAIS E OS PCN

Ao considerarmos os Parâmetros Curriculares Nacionais, no livro de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+), e o desenvolvimento de competências relacionadas à Física, para as atividades que podem ser realizadas com os Produtos Educacionais, vemos que a atenção às competências está contemplada em diversas atividades relacionadas aos mesmos, conforme Quadro 23.

Fonte: Adaptado dos PCN+

PRINCIPAIS COMPETÊNCIAS EM FÍSICA	ATIVIDADES RELACIONADAS
PCN+: Representação e comunicação	Contato com conceitos novos e antigos, lidando com os subsunçores; diagramas elétricos e construtivos; componentes elétricos e mecânicos; conhecimentos de informática e internet.
Articulação de Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia (p. 63)	
Análise e interpretação elaboração de textos e outras comunicações de ciência e tecnologia (p. 63 - 64)	
Discussão e argumentação de temas de interesse de ciência e tecnologia (p. 64)	Organização e divisão de tarefas em equipes; Apresentação e discussão dos trabalhos.
PCN+: Investigação e compreensão	Sistematizados com a elaboração de Mapas Conceituais e Diagramas em Vê; Executando montagens e experimentos; Investigar situações problema; Refletindo sobre soluções; Elaborando relatórios.
Estratégias para enfrentamento de situações-problema (p. 65); Interações, relações e funções; invariantes e transformações (p. 65); Medidas, quantificações, grandezas e escalas (p. 66); Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas (p. 66).	
Ciência e tecnologia na história e na cultura contemporânea (p. 67-68); Ciência e tecnologia, ética e cidadania (p. 68).	
	Refletindo sobre a relação entre as descobertas científicas e o contexto histórico; Os impactos destas descobertas no mundo contemporâneo; Abordagem de temas transversais

Quadro 23 – Relação das Competências em Física com os Produtos Educacionais

Em relação aos conteúdos, no que se refere aos Temas Estruturadores dos PCN+, consideramos que cada produto proposto contempla os conteúdos das Unidades Temáticas, com maior afinidade para cada tema assinalado, conforme Quadro 24.

Fonte: Adaptado dos PCN+

TEMAS ESTRUTURADORES		PRODUTOS EDUCACIONAIS							
TEMAS	UNIDADES TEMÁTICAS	EXPERIMENTO DE HERTZ	RÁDIO DE GALENA	SIMULADOR IO-JÚPITER	SIMULADOR DE PULSAR	RADIOTELESCÓPIO KU	SIMULADOR RCFM	SITE RADIOASTRONOMIA	OFICINA
Tema 3. Som, imagem e informação	4. Transmissão de sons e imagem	X	X			X		X	X
Tema 4. Equipamentos elétricos e telecomunicações	1. Aparelhos elétricos	X	X	X	X	X	X	X	X
	4. Emissores e receptores	X	X	X	X	X	X	X	X
Tema 5. Matéria e radiação	1. Matéria e suas propriedades				X	X	X	X	X
	2. Radiações e suas interações	X			X	X	X	X	X
	4. Eletrônica e informática	X	X	X	X	X	X	X	X
Tema 6. Universo, Terra e vida	1. Terra e Sistema Solar			X		X		X	X
	2. O Universo e sua origem						X	X	X
	3. Compreensão humana do Universo	X	X	X	X	X	X	X	X

Quadro 24 - Relação dos Temas Estruturadores em Física com os Produtos Educacionais

6.5 AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES EM CAMPO E EVENTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Após a elaboração dos Produtos Educacionais, é necessário definir como avaliar sua utilização em campo, considerando os eventos de divulgação científica, em escolas e outros ambientes. Das avaliações dos produtos educacionais por estudantes e professores, às impressões em campo do que se realizou, é feita a avaliação qualitativa de cada Produto Educacional e o ajuste fino do seu desenvolvimento. De modo que as atividades sejam fontes de registros para a avaliação dos artefatos físicos e da metodologia proposta, a partir da percepção das reações e de como o seu uso em cada atividade se encaminhou. Serão determinantes para os ajustes necessários a algumas propostas das atividades relacionadas a cada Produto Educacional, nos roteiros que os integram.

Para estabelecer esta avaliação, foi adotada uma perspectiva com base no estudo de caso, em que o pesquisador está imerso em um contexto naturalístico, que são os locais onde as atividades de Radioastronomia amadora e as oficinas foram realizadas. A literatura fundamenta este tipo de imersão, nos seguintes termos:

As características ou princípios frequentemente associados ao estudo de caso “naturalístico” se superpõem às características gerais da pesquisa qualitativa [...] destacam-se: 1. Estudos de caso visam à descoberta [...] 2. Estudos de caso enfatizam a ‘interpretação em contexto’ [...] 3. Os estudos de caso buscam retratar a realidade de forma completa e profunda. 4. Os estudos de caso usam uma variedade de fontes de informação [...] 5. Os estudos de caso revelam experiência vicária e permitem generalizações naturalísticas. [...] 6. Estudos de caso procuram representar os diferentes e às vezes conflitantes pontos de vista presentes numa situação social [...] 7. Os relatos de estudos de caso utilizam uma linguagem e uma forma mais acessível do que os outros relatórios de pesquisa (LÜDKE, ANDRÉ, 2014, p. 21-23)

De acordo com YIN (2015, p. 9, 10), em sua análise de situações relevantes para definir diferentes métodos de pesquisa, o estudo de caso ajuda a responder questões do tipo “como”, ou “por que”. Esta abordagem metodológica busca o aperfeiçoamento dos Produtos Educacionais, incluindo aí o desenvolvimento dos Roteiros, com o estabelecimento das avaliações dos produtos a partir das percepções individuais do pesquisador, por meio do registro das atividades realizadas durante os eventos de

divulgação científica, bem como, sempre que possível, a com avaliações do público alvo.

A busca de respostas para auxiliar na pesquisa, vem dos registros das atividades em campo, que se assemelham a uma observação participante. YIN (2015, p. 110) destaca que a “observação participante” tem como pontos fortes a possibilidade de cobrir eventos em “tempo real” e ser “discernível ao comportamento e aos motivos interpessoais”. E tem como pontos fracos, o “consumo de tempo”, e a “parcialidade devido à manipulação dos eventos pelo observador participante”. Ainda assim, tentando aproximar-se da sistematização das observações em campo, este enfoque permite organizar e avaliar o trabalho. Como método de avaliação geral do trabalho, definimos alguns itens:

- Cumprimento dos objetivos;
- Integração das atividades em campo com o desenvolvimento dos Produtos Educacionais;
- Pertinência da utilização dos produtos e dos conteúdos;
- Atividades de divulgação científica e público alvo atendido;
- Avaliação dos produtos por estudantes e professores.

Apresentamos no próximo capítulo os registros das atividades realizadas, considerações e análises qualitativas.

CAPÍTULO 7

7 ATIVIDADES REALIZADAS RELACIONADAS AO PROJETO

Relataremos em primeiro lugar a vivência da radioastronomia amadora, com a aquisição de receptores, montagem de antenas, observações, devido à necessidade de aprofundar conhecimentos sobre o tema, do mesmo modo que faz um astrônomo amador, mas dessa vez para observar sinais de rádio. Posteriormente, a análise da influência dessas atividades na motivação e criação de novos produtos. E o relato da participação nos eventos de divulgação científica, cujos acontecimentos subsidiaram a avaliação geral dos Produtos Educacionais e do trabalho realizado.

7.1 RELATO DE EXPERIÊNCIA EM CAMPO – RADIOASTRONOMIA AMADORA

Os testes em campo da Antena Banda Ku, do *VLF Inspire Project* e *Radio Jove* foram realizados em diversas oportunidades, no local denominado Sítio de Márcia, na zona rural da Região Metropolitana de Salvador, em Mata de São João/BA, Figura 37. Serão descritos sucintamente, a seguir, os testes em campo, em ordem cronológica. Informações adicionais, ilustrativas da rotina dos registros das sessões de observação estão disponíveis no Apêndice.

Figura 37 – Disposição aproximada Leste-Oeste das antenas do *Radio Jove* no Sítio de Márcia



Fonte: Adaptado do *Google Earth Pro*

Esta fase do trabalho foi iniciada logo no segundo semestre de 2015, com a aquisição da antena de Banda Ku. Pouco depois, em função da pesquisa sobre Radioastronomia e educação, dois Kits se destacaram: o do receptor *VLF Inspire* (para pesquisa das emissões de descargas atmosféricas e distorções no sinal de rádio de baixa frequência provocadas com interações do Sol com camadas da atmosfera terrestre) e o do *Radio Jove* (para pesquisa das emissões do sistema planetário de Júpiter, em especial com a interação do satélite natural Io, na magnetosfera de Júpiter). Foram adquiridos de fornecedores nos Estados Unidos, ligados a projetos educacionais da NASA, e montados no Brasil.

KIT BANDA Ku - Os radiotelescópios experimentais com antenas de recepção de TV por assinatura são fáceis de adquirir nos comércios de material eletrônico e são interessantes para serem adotados pelo professor de Física em suas aulas. Há diversos projetos na Internet e até mesmo um modelo indicados pelo NRAO, para uso em escolas, o “*Itty Bitty Telescope (IBT)*”¹³⁹. Assim, a primeira providência foi adquirir os materiais, montar um Kit com antena e LNB da banda Ku e verificar o funcionamento deste tipo de radiotelescópio. Foram adquiridas as diversas peças do radiotelescópio experimental: LNBs banda Ku (e C, para testes), fonte de alimentação 12 v regulada; antena parabólica de 0,6 m, da “SKY”, com LNB integrado. Kit para alinhamento de antena de satélite – com *satellite finder* - para ser adaptado, Figura 38. Realizadas experiências breves com os dois tipos de LNB, alimentados e ligado ao *satellite finder*, no ambiente interno, residencial, mas a captação de ruído térmico dos objetos próximos mostrou-se muito elevada, indicando a necessidade de testes em área aberta.

Novos testes foram realizados em ambiente externo, no Sítio de Márcia, em 2016 e 2017, para ajustes do radiotelescópio e verificação do seu uso com bateria de 12 volts em vez da fonte regulada de 12 v. A captação de sinal do Sol foi confirmada assim como a captação de diversas fontes de ruído para o sensível receptor do LNB às emissões térmicas: foram captados o sinal interferente de uma lâmpada fluorescente e da fiação elétrica de alimentação AC do sítio. Outra possível fonte de ruído: a antena de uma emissora de FM, localizada a poucas centenas de metros de distância. Ao ser girada em direção à torre, o sinal aumentava significativamente no *Satellite Finder*. Também foram realizados testes com placas de som USB para captura de sinal.

¹³⁹ Dicas para construir e usar um radiotelescópio simples: <
<http://www.gb.nrao.edu/epo/ambassadors/ibtmanualshort.pdf>>.

Figura 38 – Antena e acessórios para o Radiotelescópio Banda Ku



Fonte: Próprio autor

Logo após a ideia de construir o Radiotelescópio Banda Ku, surgiu a ideia de construir outros experimentos associados à Radioastronomia. A necessidade de realizar experimentos com equipamentos de rádio e o projeto de outros Produtos Educacionais conduzia à busca do melhor entendimento da Radioastronomia em termos práticos. Assim, quase concomitantemente ao Kit Banda Ku, foi também adicionado ao acervo dos Produtos Educacionais um Kit de rádio VHF.

KIT VHF - Em 13/08/2015, adquirido um receptor portátil, marca “Icom”, de faixa larga, utilizado para comparações posteriores com os sinais captados pelo *Jove Project* e para, em outras perspectivas, efetuar testes para captar sinais de VHF/UHF gerados por eventuais satélites tipo *nanosats/cubesats*, como, por exemplo, o SERPENS¹⁴⁰ (Sistema Espacial para Realização de Pesquisa e Experimentos com Nanossatélites), que foi lançado da Estação Espacial Internacional (ISS).

Prosseguindo com pesquisas sobre a Radioastronomia para a montagem de dispositivos, dois projetos apoiados pela NASA, com forte apelo educacional, foram adotados:

THE INSPIRE PROJECT: receptor relativamente simples, é um recurso interessante para demonstrar como a Terra também possui mecanismos de emissão de

¹⁴⁰ SERPENS em órbita: < <http://www.aeb.gov.br/nanossatelite-serpens-esta-em-orbita-e-tem-sinais-captados-no-brasil/>>.

rádio. Os mais próximos de nós são as descargas atmosféricas e as complexas interações dos sinais de rádio gerados com a ionosfera, com a magnetosfera do planeta e o vento solar. Liberado pela Alfândega em outubro/2015. Composto por componentes identificados e de boa qualidade, a montagem não representou dificuldades técnicas. Ao ser ligado, aumentando-se o volume, um forte sinal de interferência da rede elétrica de 60 Hz foi captado e a interferência dos harmônicos da rede de 60 Hz.

Por estar ainda sem o fio terra conectado, foi possível perceber que o receptor provavelmente captava ruído elétrico do próprio fone de ouvidos, pois era possível ouvir um tom forte semelhante a microfonia. Provavelmente o receptor oscilava espontaneamente. Constatou-se que, ao se aproximar o receptor de uma estrutura metálica (porta de alumínio) o ruído de 60 Hz diminuiu, diminuindo mais ainda quando foi conectado eletricamente ao fio terra da antena.

No final do segundo semestre de 2015 foram realizados alguns testes rápidos em campo com o *VLF Inspire*, alguns sinais semelhantes a “*sferics*” – ruídos causados por descargas atmosféricas, foram percebidos, mas a intensa interferência da rede elétrica em 60 Hz dificultou seu registro. Dificuldades da captação destes sinais: o local escolhido era de terreno muito seco e com topologia irregular, dificultando realizar o aterramento e a monitoração. É necessário preparar uma infraestrutura de apoio para estas pesquisas, como itens de conforto físico (protetor solar, água, bonés, repelentes de insetos, roupas protetoras para caminhar no meio da vegetação). Mais pesquisas precisam ser realizadas com este tipo de receptor. É necessário também testar um gravador, digital ou analógico, para registro dos sinais e posterior análise do espectro no computador com o software apropriado, do tipo *Spectrum Lab*. O receptor *VLF Inspire* merece pesquisa específica, para aprofundar estudos de emissões atmosféricas.

RADIO JOVE PROJECT – O segundo projeto adotado foi o *Radio Jove*. Com este receptor foram realizados os experimentos mais representativos da Radioastronomia amadora, que incluem: a montagem do receptor e antenas, a prática recorrente em campo e nos eventos de divulgação científica, bem como com alguma participação na lista de discussão por e-mail do *Radio Jove*. Com a compra realizada pela Internet e o envio confirmado, foi iniciada a aquisição de materiais para montagem da antena.

ANTENA – no final de outubro de 2015, foram providenciados os materiais para os mastros de PVC que seriam o suporte das antenas dipolo de meia-onda do radiotelescópio experimental. As dimensões dos mastros foram projetadas para ser

configuradas com alturas de 3 m, 4,5 m a até aproximadamente 6 m em relação ao solo. Realizados cortes de nivelamento dos tamanhos dos tubos de PVC e verificação dos encaixes dos adaptadores das conexões, Figura 39.

Figura 39 – Tubos de PVC e ferramentas na montagem do suporte da antena dipolo



Fonte: Próprio autor

A primeira montagem física das antenas, no Sítio de Márcia, revelou-se trabalhosa. A localização exata da sua montagem e orientação foi realizada com auxílio de bússola e teve de ser refeita após análise do diagrama da antena no *software* específico. A primeira montagem da antena demonstrou que o planejamento de sua instalação é fundamental, reconhecendo as condições do local. O terreno deve ser afastado de redes de energia elétrica, livre de obstáculos, preferencialmente plano e com solo não muito árido. Foi necessário rever as adaptações dos parafusos e dos cordões de nylon nos suportes de PVC, bem como a localização dos mesmos, adaptando o projetado.

MONTAGEM DO KIT *RADIO JOVE* - Em 27/10/2015, iniciada a montagem do kit receptor, conforme o manual de montagem, sem maiores dificuldades, exceto pela identificação de capacitores de dimensões muito pequenas. Testes iniciais de funcionamento incluíram a verificação da variação de frequência de RX, a captação do sinal de teste de 20 MHz do oscilador interno, a possível captação de algum sinal interferente, observações feitas inicialmente sem ajustar bobinas nem capacitores.

29/10/2015 – em bancada, realizados os ajustes de frequência e de sensibilidade do receptor, com o uso do *software Radio-Skypipe*. Em 31/10/2015 – em bancada,

realizada a montagem da antena, com medida dos tamanhos dos dipolos, soldagem dos cabos coaxiais e conectores. O receptor foi ligado e interligado ao cabo coaxial, com perceptível aumento do ruído captado pelo RX. O teste com o *software Radio-Skypipe*, foi satisfatório, restrito à aprendizagem do conjunto de equipamentos montados.

01/11/2015 – PRIMEIRO TESTE EM CAMPO: foi um treino inicial englobando a montagem dos mastros, dipolos e para ajustes do *software*. Foram captados os ruídos característicos da recepção, com destaque para a identificação de sinais de alta intensidade dos radares de HF e da emissora de rádio transmissora de sinal horário dos EUA, em 20 MHz.

24/11/2015 – SEGUNDO TESTE EM CAMPO: nesta oportunidade, foi adotada outra estratégia para a montagem das antenas. No primeiro teste os mastros de PVC estavam muito instáveis devido ao peso dos tubos de extensão superiores, o que dificultava a montagem e estabilização. Para simplificar, utilizou-se a lateral do telhado da casa do sítio para sustentar as antenas, e nos outros extremos foram utilizados os mastros, presos às cercas próximas e estabilizados no solo com os cordões de nylon.

Algumas dificuldades surgiram no uso do *software*, na interpretação da posição prevista e da posição real observada em campo. Bem como dificuldades na interpretação dos dados de Júpiter e Io. Nesta data de observação, Júpiter aparecia no horizonte pouco depois da meia-noite, a monitoração foi gravada automaticamente – com gráfico e parte do áudio, para ser posteriormente analisada. Sem captações de rádio confirmadas de Júpiter.

05 e 06/03/2016 – TERCEIRO TESTE EM CAMPO: as coordenadas do Sítio de Márcia foram ajustadas. Montagem da antena foi realizada em aproximadamente 1 hora, com auxílio de mais duas pessoas, das 08h30min às 09h20min. Início das observações com a antena monitorando o Sol, no momento em que este se encontrava próximo ao zênite. Nesta sessão de observação foram constatados os “incrementos” de ruído a cada 4 s, aproximadamente. Não foram registradas sinais característicos de “solar flares” nos dados gravados. Ruídos com origem provável em interferências locais. Foi realizada verificação do comportamento do ruído captado pelo receptor. Análise dos “incrementos” do nível do ruído ao longo do tempo. Comparativamente, com a antena desconectada do rádio era “mais aleatório”, sem os incrementos. Em 14/03/2016, realizada análise dos dados gravados pelo programa.

25 a 27/03/2016 - QUARTO TESTE EM CAMPO: a montagem do conjunto da antena (dois dipolos de meia-onda), Figura 40, foi feita na direção leste-oeste, a

melhor configuração descoberta para o local de observação no Sítio de Márcia, com os dipolos em fase, e altura de 3 m. A antena foi montada em apenas 30 minutos, por uma única pessoa (10:00 às 10:30, do dia 25/03/2016). Este teste em campo tinha o objetivo principal de captar sinais de Júpiter, que estava em ótima época de observação, e com previsão de atividades de emissão de rádio para a o começo do dia 27 (UT), no software *Radio-Jupiter Pro*.

25/03/2016 - Com relação aos “incrementos” de ruído, percebidos na sessão de observação anterior, com o uso do receptor do *VLF Inspire*, descobriu-se que o próprio *notebook* e sua fonte chaveada eram fontes de interferência relevantes. Foi adotada a estratégia de, sempre que possível, gravar as sessões com maior probabilidade de emissão de Júpiter com o *notebook* ligado apenas na bateria interna e com o monitor LCD desligado.

Figura 40 – As duas antenas dipolo do *Radio Jove*



Fonte: Próprio autor

26/03/2016 (à noite), Atividades previstas Io: 27/03/2016 – 00:10 às 03:14 (UT): a alta incidência de interferências dificultou a captação do sinal com melhor relação do sinal para o ruído. Apesar de nesta data e horário haver indicação de outros radioastrônomos por e-mail de captarem evento tipo Io-B, e da experiência adquirida com as sessões anteriores de observação para, inclusive, treinar auditivamente a diferenciação dos diversos sinais recebidos, não foi possível atestar com maior certeza que o incremento percebido a partir do horário 00:31:18 (UT, no gráfico gravado) era realmente de Júpiter. Este teste demonstrou a necessidade de adotar medidas para minimizar mais ainda o nível de ruído da recepção (cópia da tela no Apêndice).

24/06/2016 - QUINTO TESTE EM CAMPO: esta sessão de observação do Sol foi iniciada e concluída com brevidade, pois foi necessário desmontar a antena, porque o espaço do sítio seria ocupado para outra função.

23 e 24/06/2017 - SEXTO TESTE EM CAMPO: início da sessão de observação de 2017 – Adoção de melhorias para as sessões de observação com o *Radio Jove*. Nas sessões de observações anteriores, a incidência de interferências mostrou-se muito intensa e foi necessário adotar medidas para minimizar o nível de ruído que mascarava os sinais mais sutis captados pelo receptor. A própria fonte de alimentação no *notebook* já havia sido identificada como geradora de RFI (Radio Frequency Interference). Desse modo, foram incluídos dois novos componentes no kit do Receptor do Radio Jove: uma bateria de 12v x 7A – do tipo utilizada em no-break para computadores, e um calibrador com filtro de ruído, especialmente designado para o *Radio Jove*, modelo “RF2080 C/F *Calibrated Noise Source and Bandpass Filter*”, kit na Figura 41.

Figura 41 – Organização do Kit *Radio Jove* e acessórios, incluindo bateria e calibrador com filtro



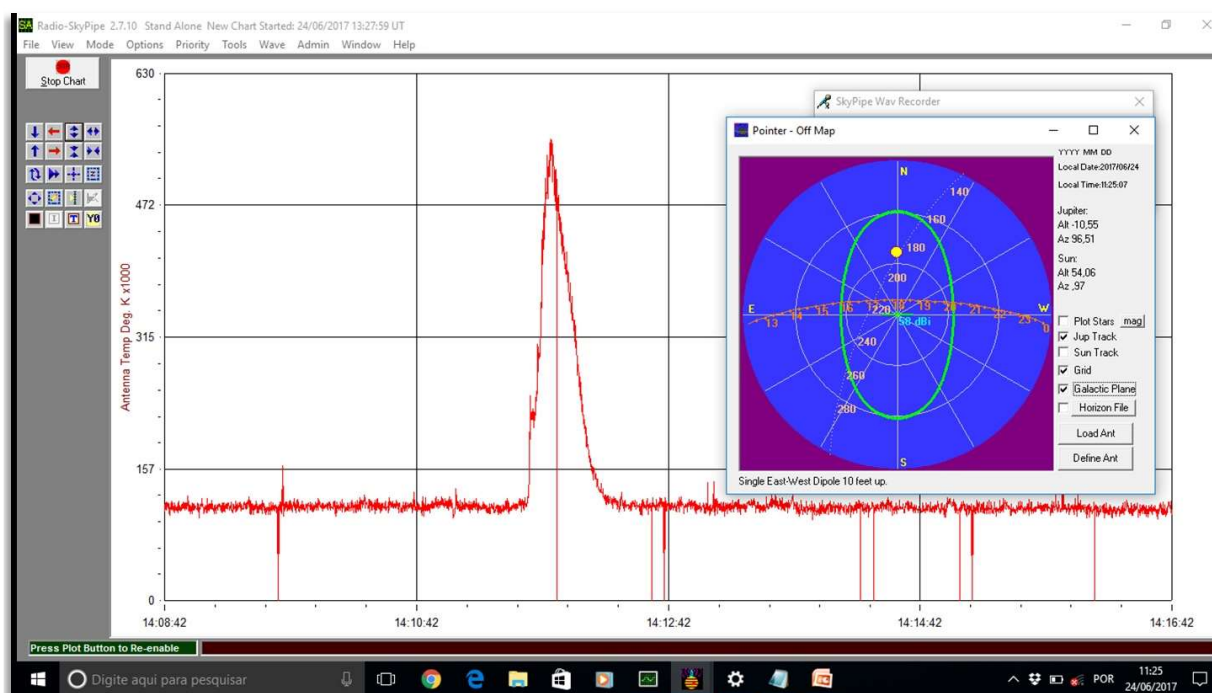
Fonte: Próprio autor

Com a bateria, foi possível reduzir consideravelmente o ruído, além de estabelecer um patamar de ruído com o calibrador, para possibilitar a comparação dos sinais captados localmente com os dos outros radioastrônomos do Radio Jove. Entretanto, o tempo de observação de cada sessão precisou ser melhor administrado pois a bateria interna do notebook utilizado só permitia sessões de cerca de 2 horas por vez, antes de necessitar de nova carga. Para aumentar um pouco este tempo, a tela era mantida em brilho baixo, e programada para apagar após 5 minutos de inatividade. Esta limitação de tempo também não permitiu gravar a curva de ruído com a passagem da Via Láctea pela antena.

Foram utilizados os seguintes recursos: Receptor RJ 1.1 *Receiver Kit*; RJ 1.2 *2-Element Phased Dipole Antenna Array*; RF2080 *C/F Calibrated Noise Source and Bandpass Filter*; Bateria 12 v, 7 A; *Notebook* com programas *Radio-SkyPipe* e *Radio-Jupiter Pro*; Cabos e extensão AC.

Foi testado em campo o outro tipo de receptor adquirido, o *Software Defined Radio* - SDR, que é um receptor de rádio compacto, ligado à porta USB do notebook e é controlado por um *software*, no caso o *SDRSharp*. O teste foi realizado com a antena *RJ 1.2 2-Element Phased Dipole Antenna Array*, sem utilizá-lo para registrar os sinais continuamente. O receptor SDR funcionou adequadamente, captando sinais numa extensa faixa de frequências, mas ainda requer mais pesquisas com a integração do programa de captura do sinal e do registro gráfico.

Figura 42 – Registro de emissão Solar (*Radio Burst*) de 24/06/2017, captada com o *Radio Jove*



Fonte: Próprio autor, com uso dos softwares *Radio-SkyPipe* e *Radio-Jupiter Pro*

24/06/2017 (monitoração do Sol) - a Figura 42 é uma captura de tela de um dos sinais registrados emitido pelo Sol, quando este foi captado pelo *Radio Jove* no centro do lóbulo da antena. O registro da sequência de observações está no Quadro 25, Foram registrados dois eventos de “solar flares”, ou erupções solares. Comparando-os com os sinais típicos (FLAGG, 2005, p. 5-7), são provavelmente do tipo III, que começam em altas frequências e derivam para frequências mais baixas, as decamétricas, com duração de 30 s a 1 minuto (FLAGG, 2005, p. 5-6).

HORÁRIOS (UT)	EVENTOS	COMENTÁRIOS
13:27	Início monitoração	-----
13:27	Calibrador ON;	Nível padrão – Temperatura aproximadamente 80 K;
13:29	Calibrador OFF;	Com sinal da antena, Temperatura sinal: 110 K;
13:54	Ruído interruptor lâmpada;	-----
14:11	Início da primeira emissão Solar;	Com duração de aproximadamente 42 segundos, atingiu valor máximo de aproximadamente 530 K. Formato característico de “barbatana de tubarão”;
14:12	Término da primeira emissão solar	-----
14:25	Início da segunda emissão Solar;	Nova emissão solar, de menor intensidade – aproximadamente 310 K, duração de aproximadamente 20 segundos;
14:26	Término da segunda emissão solar	-----
14:58	Equipamentos desligados	Término da sessão

Quadro 25 - Sessão de observação do Sol – 24/06/2017

Figura 43 – Tela do relatório de eventos da NOAA, 24/06/2017, destacando a emissão solar captada

2017-6-26 ftp://ftp.swpc.noaa.gov/pub/indices/events/20170624events.txt

:Product: 20170624events.txt
:Created: 2017 Jun 26 0357 UT
:Date: 2017 06 24

Prepared by the U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Space Weather Prediction Center
Please send comments and suggestions to SWPC.Webmaster@noaa.gov

Missing data: ////
Updated every 5 minutes.
#

Edited Events for 2017 Jun 24

#Event	Begin	Max	End	Obs	Q	Type	Loc/Frq	Particulars	Reg#
7310	0229	////	0235	LEA	C	RSP	025-180	III/1	
7320	0431	////	0431	LEA	C	RSP	028-153	III/1	
7330	0502	////	0502	LEA	C	RSP	025-138	III/1	
7340	0532	////	0600	SVI	C	RSP	025-118	VI/1	
7340	0533	////	0600	LEA	C	RSP	025-180	III/1	
7350	1323	////	1323	SVI	C	RSP	025-054	III/1	
7360	1354	////	1355	SVI	C	RSP	025-080	III/1	
7370	1413	////	1427	SVI	C	RSP	025-171	VI/2	
7380	1514	////	1514	SVI	C	RSP	025-076	III/1	
7390	1929	////	1933	SAG	C	RSP	025-084	III/2	
7400	2110	////	2111	PAL	C	RSP	025-092	III/1	

Legenda:

Número sequencial, data e hora do evento ■

SVI - Local do observatório: San Vito (Itália) ■

Q - Qualidade: C = Relatório corrigido ■

Type RSP: tipo da variação de frequência do sinal de rádio ■

Loc/Frq: local no Sol, coordenadas heliográficas ou frequência, em MHz ■

VI/2: Tipo de erupção solar: Série de emissões Tipo III em menos de 30min ■

Fontes: <ftp://ftp.swpc.noaa.gov/pub/indices/events/20170624events.txt> e <http://legacy-www.swpc.noaa.gov/ftplib/lists/radio/README2>

Ao final desta sessão de observação, foram constatadas outras notificações de emissões solares no grupo de e-mail do *Radio Jove*. Um e-mail também foi encaminhado para o grupo, para notificar a aquisição dos eventos no radiotelescópio da Bahia. Além dos e-mails, foi realizada consulta à *National Oceanic and Atmospheric*

Administration – NOAA, que monitora eventos solares (*Solar and Geomagnetic Indices and Solar Event Reports*). Também registrou os eventos, cópia da tela na Figura 43. O tempo do notebook estava com atraso de cerca de 1 minuto para o tempo UT, demonstrando a necessidade de ajustar o tempo de referência previamente.

No relatório da NOAA para o dia 24/06/2017, temos a confirmação do evento iniciando-se às 14:13 UTC até 14:27. Por ser do tipo VI, foi composto por uma série de emissões solares Tipo III, em menos de 30 minutos, e, de fato, foram captados dois eventos nesta data. Local do observatório: San Vito¹⁴¹, Itália, de 25 MHz a 171 MHz.

24/06/2017 (monitoração de Júpiter) - Com os mesmos recursos utilizados na observação do Sol, a sessão de observação noturna tinha poucas chances de captar algum sinal de Júpiter, pois apenas um dipolo estava em uso. A probabilidade de emissão de Io-B existia, por pouco período de tempo, a sessão foi realizada, mas não se captou sinal do planeta.

ORGANIZAÇÃO DOS KITS – com o aumento da quantidade dos materiais do acervo dos Produtos Educacionais, foram adquiridas caixas organizadoras transparentes para guardar: (1) ferramentas comuns a todos os kits; (2) componentes eletrônicos diversos; (3) tintas e pincéis; (4) fiação dos dipolos; (5) receptores diversos; (6) Produtos Educacionais, em mais de uma caixa. Os registros das observações eram anotados em cadernos e no *notebook*. Algumas destas anotações foram transcritas para o apêndice.

7.1.1 Análise das atividades em campo com os radiotelescópios experimentais

A radioastronomia Amadora, realizada com a montagem do radiotelescópio experimental com antena Banda Ku e com o “satellite finder” foi breve, realizada para a constatação do seu funcionamento na captação solar e de outras fontes de emissões de origem térmica, ilustrando as emissões típicas do corpo negro. As últimas experimentações foram realizadas com placas de som tipo USB, na tentativa de melhorar o registro do sinal com o programa *Radio-SkyPipe* e merecem mais pesquisas. As atividades didáticas com este tipo de receptor podem ser aplicadas tanto para estudantes do Nível Médio como do Nível Superior. Os conteúdos podem ser aprofundados de acordo com o perfil de cada turma, podendo ir do funcionamento básico das antenas e elementos da mecânica celeste até as monitorações mais avançadas

¹⁴¹ Observatórios de erupções solares: < <http://www.nrao.edu/astrores/gbsrbs/links.shtml> >.

com uso de placas de som dedicadas à coleta de dados convertidos digitalmente para acompanhar a variação da intensidade solar ao longo do tempo. Podem ser tentadas observações conjuntas com o *Radio Jove* e o *VLF Inspire* para verificar se os três registram eventos de erupções solares ou somente o *Radio Jove*.

O receptor do *VLF Inspire* não foi utilizado em toda a sua potencialidade neste projeto. É o tipo de equipamento que precisa de sessões de observação em local remoto, distante das fontes de interferências provenientes das linhas de distribuição de eletricidade, para registro dos sinais típicos produzidos por descargas atmosféricas e sua interação com a magnetosfera da Terra, que, por sua vez, interage com as emissões solares. No entanto, o receptor foi importante na detecção de fontes de interferência nas sessões de monitoração do *Radio Jove*. É outro tipo de receptor que pode ser utilizado em pesquisas em campo, para associação das emissões captadas com emissões solares. Também é um receptor que se ajusta ao ensino da Física do eletromagnetismo, com experimentos em diferentes locais para monitorar as fontes de interferência eletromagnética (RFI). Outro tipo de experimento seria estudar o uso de antenas tipo *loop*, como a do Rádio de Galena Adaptado, para tentar eliminar interferências em determinadas direções.

Com o *Radio Jove* realizamos a maioria das atividades da radioastronomia experimental: seis sessões de observação em campo, em Mata de São João/BA, atividades que progressivamente ajudaram no domínio dos aparatos e no entendimento da dinâmica da observação de Júpiter, nas sessões anuais mais favoráveis à observação do planeta e do Sol. Em uma das sessões (26/03/2016), com alta probabilidade de emissão de rádio do planeta (tipo Io-B) e captação na Terra, houve a possibilidade de registro, mas os altos ruídos de interferência não permitiram a sua confirmação. Na sexta sessão (24/06/2017), foram captadas duas emissões do Sol, confirmadas pelo registro do NOAA e pela discussão na lista de e-mail com os outros radioastrônomos amadores do *Radio Jove*.

Foram realizadas montagens de demonstração do *Radio Jove* em cinco eventos de divulgação científica. As atividades com radiotelescópios experimentais contribuíram para os Produtos Educacionais em diversas frentes de atuação: como na constatação de que as atividades de caráter prático, experimental e exploratório, envolvendo a pesquisa e a persistência, na busca de resultados, mesmo que apenas observacionais, são essenciais para entender a Ciência. O exercício de habilidades para construir os kits e acessórios é algo que pode ser desenvolvido, estimulado e que

envolve respostas que nem sempre são imediatas. Percebemos que a vivência da Radioastronomia amadora nos confronta com o reconhecimento das nossas limitações frente ao tempo próprio dos eventos astronômicos e à imprevisibilidade dos fenômenos que estudamos, por isso mesmo permite exercitarmos a perseverança na busca de resultados. Dos aspectos técnicos, constatar que cada componente de um radiotelescópio pode ser objeto de estudo das ondas eletromagnéticas e que os conteúdos podem ser trabalhados de maneira lúdica, com os estudantes realizando atividades concretas que podem associar diretamente aos conteúdos estudados. Nas aplicações práticas vemos, de fato, a expansão dos conhecimentos em diversos componentes interdisciplinares.

À medida que os estudos avançavam, ficou claro que seria necessário aliar à compreensão da Radioastronomia praticada com os radiotelescópios experimentais, ao conhecimento do contexto que possibilitou a sua existência, o que desencadeou a criação de outros produtos, além do primeiro imaginado, o que refletiu na metodologia do trabalho. Paralelamente, reconhecemos o valor das descobertas históricas que contribuíram para o surgimento da Radioastronomia na figura de alguns personagens importantes da Física Clássica e Moderna: Maxwell, Hertz, Marconi, Planck, Jansky, Reber, Hey, Kraus, Penzias e Wilson, Jocelyn Bell, que aplicaram as novas tecnologias de suas épocas, vindo a favorecer a Radioastronomia.

Assim, quando imaginarmos a centralidade que um instrumento representa para a pesquisa, como é o caso dos radiotelescópios, entenderemos também o quanto de conhecimentos de diversas áreas estão ali representados. Cada produto conta um pouco da história do desenvolvimento da ciência e do método científico, dando liberdade ao professor de definir qual o melhor momento de incluí-lo para seu planejamento didático. Nesse sentido, foram concebidos para aplicação cada um ao seu tempo, conforme planejamento do professor.

O registro da emissão solar em 24/06/2017, confirmada na NOAA representou uma recompensa nas diversas tentativas de captação de objetos celestes via rádio. As emissões de Júpiter ainda não foram captadas em um contexto livre de interferências, mas haverá novas sessões de observação. As emissões solares foram captadas com um sinal intenso e muito acima do nível do ruído mínimo de base no Sítio de Márcia naquela data. Confirmar que o radiotelescópio funciona adequadamente é gratificante depois de várias sessões, mas foi apenas o primeiro passo. A certeza do funcionamento adequado do radiotelescópio justifica sua aplicação no Nível Médio ou na Graduação.

7.2 APLICAÇÃO NA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA FORMAL E NÃO FORMAL

Para avaliar os Produtos Educacionais quando do seu uso no ambiente escolar e na divulgação científica, o registro das impressões durante estes eventos emprega metodologia de registros inspirada no estudo de caso. São anotações subjetivas, decorrentes das expectativas, erros e acertos, para avaliar qualitativamente até que ponto os objetivos do trabalho foram alcançados e ajustar a proposta de cada Produto Educacional.

Um dos temas associados à linha de pesquisa do MPAstro, “Ensino Interdisciplinar de Astronomia e a Difusão Científico-Tecnológica”, é o da “Divulgação Científica em Astronomia”. A participação nos eventos de divulgação científica, em 2016 e 2017, período em que a promoção dos Produtos Educacionais foi plenamente exercitada, cumprindo um dos pressupostos do MPAstro

para a socialização dos trabalhos junto à comunidade acadêmica/científica além da troca de experiências, desde o começo do curso há a divulgação e o incentivo para a participação dos mestrandos em eventos ligados à área do Mestrado. (MARTIN, V. A. F., PEREIRA, M.G, 2014, p. 617)

Em ordem cronológica, descrevemos, a seguir, as atividades que envolveram participação em oficinas, apresentação de trabalho oral e pôster, organização de encontro, atividades em escolas públicas e eventos de divulgação científica nos quais a utilização dos produtos desenvolvidos teve relação direta com o projeto de mestrado. Os onze eventos foram esquematizadas na Figura 44.

7.3 CONSIDERAÇÕES ANALÍTICAS SOBRE AS OFICINAS E EVENTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

De modo geral, a participação nos eventos de divulgação científica, consistiu em apresentações dos Produtos Educacionais nas quais os estudantes e professores tiveram contato com os mesmos. Das percepções resultantes desta interação, foi possível ajustar a proposta de metodologia para aplicação em escolas do segundo grau ou até mesmo em cursos de nível superior. Além de promover a divulgação científica, as oficinas possibilitavam testar os produtos em campo, a partir da percepção de como os estudantes e professores reagem a cada produto, repercutindo em ajustes posteriores na

proposta de como utilizá-los. Após algumas atividades de divulgação científica, a metodologia para propor sua aplicação em sala de aula foi testada numa oficina no Colégio Juiz Jorge Farias Góes.

Figura 44 – Resumo dos Eventos de Divulgação Científica nos quais os produtos foram aplicados

04/2016	VI JASTRO	Pôster 28/04/2016	Oficina 2 Turma 1 28/04/2016	Oficina 2 Turma 2 29/04/2016
07/2016	I Encontro MPASTRO (Antares)	Oficina 23/07/2016		
08/2016	II SENAMEPRAE	Pôster 08/08/2016	Pôster e Comunicação Oral 09/08/2016	Exposição Produtos Educaçãois 08-09/08/2016
08/2016	Feira de Ciências Colégio Estadual Teotônio Vilela	Oficina para Estudantes 31/08/2016	Oficina para Professores 31/08/2016	
10/2016	Colégio Modelo Estadual L. E. Magalhães	Exibição Produtos Educaçãois 22/10/2016		
12/2016	Educação Ambiental Bahia Marina	Oficina 14/12/2016		
12/2016	Escola Municipal J. P. Vasconcelos	Oficina 15/12/2016		
05/2017	Colégio Estadual Juiz Jorge Farias Góes	Oficina 16/05/2017		
06/2017	X Curso Básico de Astronomia (Antares)	Oficina 09/06/2017	Oficina 10/06/2017	
09/2017	I Jornada de Astronomia do CIEAC	Oficina 30/09/2017		
10/2017	XX Semana de Física da UFS	Oficina 04/10/2017		

Fonte: Próprio autor

Alguns elementos comuns a todos os eventos:

Planejamento: para a participação em todos os eventos citados sempre houve uma logística de organização dos Produtos Educaçãois. Tanto para guardá-los em caixas organizadoras, quanto para conferir todos os itens e reorganizá-los para

transporte, a operação inversa era realizada após cada evento, com a limpeza, verificação de danos, eventuais reparos e reorganização dos produtos nas caixas. Dependendo do tipo de evento, foram editados resumos das apresentações para serem submetidas à aprovação, como no VI Jastro, II Senameprae e XX Semana de Física da UEFS. Foram realizadas a edição e impressão de pôsteres apresentando a pesquisa e relatando a produção realizada no mestrado, até cada data de apresentação para o VI Jastro e o II Senameprae. Foi editado um padrão de fôlder que, com pequenas alterações, foi personalizado para distribuição nos eventos de divulgação científica. A pesquisa bibliográfica, pesquisa de vídeos e ilustrações para editar as apresentações no *Power Point* para cada evento em que fosse possível utilizar o recurso. Para algumas oficinas foi realizada a montagem e demonstração da antena dipolo do radiotelescópio experimental do *Radio Jove* e o receptor do *VLF Inspire*. Para tentar entender a impressão dos participantes com relação à temática apresentada, inicialmente foi utilizada uma adaptação do questionário Rose¹⁴². Posteriormente, quando possível, os questionários foram simplificados para poucas questões objetivas. Na maioria dos eventos, sempre foi planejado utilizar todos os produtos, mas nem sempre as condições reais dos locais de apresentação e do tempo disponível, permitiu o uso. Todos os produtos foram demonstrados em pelo menos um evento de divulgação científica.

Recursos utilizados: de maneira geral, sempre foram utilizados os Produtos Educacionais em desenvolvimento: Experimento de Hertz; Rádio de Galena Adaptado; Simulador de Io-Júpiter; Simulador de Pulsar; Radiotelescópio Banda Ku; Simulador RCFM. Radiotelescópio do *Radio Jove*, receptor *Inspire Project*. Modelo de papel da sonda JUNO¹⁴³, *notebook* com os programas para os produtos e apresentação do *Power Point*. Fôlderes e/ou Pôster, conforme cada situação. Caixas organizadoras e de ferramentas.

Público alvo: Professores, estudantes, de Nível Médio e em alguns casos também de Nível Superior e público dos interessados em Astronomia.

7.3.1 VI Jornada de Astronomia de Vitória da Conquista (VI Jastro)

Realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia – IFBA, de Vitória da Conquista/BA, nos dias 27, 28 e 29 de abril de 2016, promovida pelo IFBA

¹⁴² ROSE (Relevance of Science Education): < <http://roseproject.no/> >.

¹⁴³ Modelo da JUNO: < https://www.jpl.nasa.gov/images/pdf/Juno_Spacecraft_Paper_Model_FC.pdf >.

daquela cidade, em colaboração com o Observatório Astronômico Antares, da Universidade Estadual Feira de Santana - UEFS. Atendeu ao público de professores e estudantes da região. Este evento foi a primeira oportunidade de divulgar e apresentar ao público os produtos desenvolvidos até então, permitindo testar a receptividade pelos estudantes. Houve apresentação de pôster intitulado “Radiotelescópios Experimentais para o Ensino de Astronomia no Nível Médio”, que ficou em exibição nos dias 28 e 29/04/2016 (cópia no Apêndice). A Oficina foi intitulada “Experimentos para o Ensino de Astronomia”, consta do livro de Resumos¹⁴⁴ do evento, apresentada para duas turmas, dias 28 e 29/04/2016.

Figura 45 – O Simulador de Pulsar em oficina realizada na VI Jastro



Fonte: Próprio autor

A inclusão dos produtos foi proposta pelo Prof. Dr. Marildo Geraldete Pereira. Sua utilização e demonstração ao público presente ajudou no seu aperfeiçoamento, com o primeiro teste em campo, Figura 45. Antes da utilização dos produtos, a apresentação traçou um panorama da radioastronomia associando-o ao eletromagnetismo e aos aspectos profissionais e amadores. Também houve demonstração da Radioastronomia experimental, realizada com o *Radio Jove*, O rádio permaneceu ligado para eventual captura de emissões solares (recepção não confirmada).

Avaliação geral: os produtos tiveram uma boa aceitação dos estudantes presentes, despertaram a curiosidade e suscitaram a participação com várias perguntas e manipulação dos artefatos. A apresentação no *Power Point* poderia privilegiar a divulgação das mesmas informações com mais recursos imagéticos e menos texto. Em

¹⁴⁴ Resumos da VI Jastro: <http://physika.info/physika/srozane/ASTRO/LR_JASTRO-2016.pdf>.

função do tempo da explanação, o tempo dedicado aos produtos e ao *Radio Jove* foi proporcionalmente menor. Para subsidiar a primeira avaliação, foi editado um questionário inspirado no modelo ROSE. Sua aplicação, no entanto, não foi satisfatória, o questionário revelou-se muito extenso, com baixa devolução (três). Este evento, no entanto pôde ser avaliado subjetivamente, no qual percebemos a importância dos produtos apresentados, como recursos didáticos válidos.

7.3.2 I Encontro de incentivo à vocação científica (Observatório Antares)

Realizado no Observatório Astronômico Antares, em Feira de Santana/BA, em 23/07/2016, idealizado como uma atividade de final de semestre da disciplina AST304 - Desenvolvimento e Produção de Material Didático, pelo Prof. Dr. Marildo Geraldê Pereira, com organização da 3ª turma de mestrados do MPAstro. Para este encontro, alguns mestrados convidaram estudantes das suas escolas para interagirem com os produtos em desenvolvimento. Contou com o apoio da direção do Observatório Antares.

O trabalho deste encontro foi intitulado “Radioastronomia experimental: demonstração do receptor do *Radio Jove Project*, estudos das emissões de rádio do Sol e de Júpiter e Io”. Houve destaque para o novo produto, o Simulador de Io-Júpiter, em função do evento recente da inserção da Sonda JUNO na órbita do planeta (04/07/2016). Estiveram presentes alunos das escolas listadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Estudantes presentes no I Encontro de Incentivo à Vocação Científica

INSTITUIÇÃO	LOCALIDADE	ALUNOS PRESENTES	FAIXA ETÁRIA	ANO
Colégio Estadual Alaor Coutinho	Açu da Torre/Praia do Forte	13	14 a 16	1º
Colégio Estadual Assis Chateaubriand	Feira de Santana	13	16 a 18	2º
Colégio Estadual Teotônio Vilela	Feira de Santana	13	14 a 18	1º ao 3º
Colégio Estadual Ernesto Carneiro Ribeiro	Feira de Santana	6	-----	1º
Centro Educacional São Felipe	Feira de Santana	5	-----	8º, 9º

Fôlderes foram distribuídos aos presentes (Apêndice) com informações complementares sobre a Radioastronomia, o espectro eletromagnético e o processo cíclotron de emissão decamétrica em Júpiter. Na manhã do evento, foram realizadas

cinco sessões de apresentação para pequenos grupos de estudantes. O produto novo, o Simulador de Io-Júpiter, apesar de mais complexo, em sua versão com a maquete motorizada, teve boa aceitação. O receptor do *Radio Jove* foi montado com uma antena, para ilustrar pesquisa de emissão de rádio do Sol. Os estudantes demonstraram grande interesse pela Radioastronomia e pelo funcionamento dos Produtos Educacionais, Figura 46, com diversos questionamentos, interatividade.

Figura 46 – Oficina no I Encontro de Incentivo à Vocação Científica



Fonte: Próprio autor

Avaliação geral: durante a apresentação e uso dos Produtos Educacionais, houve diversos questionamentos e manipulação dos produtos pelos estudantes. Foi elaborado um questionário simplificado, para verificar o conhecimento sobre astronomia e avaliar o interesse dos presentes por ciência e tecnologia. O processo de perguntas e respostas consistiu na distribuição de folhas de respostas, com as perguntas feitas verbalmente. Foi definido tempo de resposta de cerca de 1 minuto por questão. A quantidade de perguntas foi reduzida e as respostas eram de múltipla escolha. Neste evento foi possível um melhor controle da devolução das folhas de respostas e o resultado da pesquisa é destacado nas Tabelas 2 a 4.

QUESTÕES	CERTO	Outras respostas
1 - Como se comunicar com uma sonda espacial distante? (R: Antenas de rádio especialmente projetadas)	18	3
2 - Estão associados aos estudos da Astronomia: (R: Estrelas, Radioastronomia)	11	10

Tabela 2 - Questões 1 e 2

Destaca-se o elevado nível de acertos para a primeira questão. 11 estudantes acertaram estas duas questões simultaneamente.

3 – Você gosta de Astronomia porquê:	RESPOSTAS
Permite saber como são planetas do Sistema Solar	8
Gosta de viagens espaciais	11
Foi influenciado(a) pela ficção científica	11
O Espaço é o futuro da humanidade	10
Não gosto de Astronomia	0

Tabela 3 - Questão 3

A Astronomia é confirmada, no pequeno grupo de estudantes, como uma ciência que desperta o seu interesse, e os motivos são diversificados.

QUESTÕES	SIM	NÃO	SIM E NÃO
4 - Você sabia que é possível fazer imagens e estudos astronômicos com ondas de rádio?	12	9	0
5 – Você gosta de estudar assuntos de Ciência e tecnologia?	19	0	2

Tabela 4 - Questões 4 e 5

Dos 11 estudantes que acertaram as questões 1 e 2, 8 responderam “Não” à questão 4. Este fato chamou a atenção porque a maioria que errou as questões 1 e 2 respondeu “Sim”, de modo que seria necessária uma melhoria nas informações e nos conceitos abordados, se as atividades prosseguissem como os mesmos estudantes. O alto grau de interesse por Ciência e Tecnologia e Astronomia dos estudantes presentes também foi relevante. A utilização dos Produtos Educacionais possibilitou abordar conceitos e permitiu a manipulação e realizações de experimentos desde Hertz até a simulação do Sistema de Io-Júpiter. A realização de jornadas sucessivas com cinco apresentações aos pequenos grupos poderia ter sido otimizada para duas apresentações – o que não foi possível devido à natureza do evento, com os estudantes percorrendo o Observatório Antares, para participarem de diversas atividades. A avaliação dos Produtos foi positiva.

7.3.3 II Seminário Nacional de Mestrados Profissionais da Área de Ensino da Capes - II SENAMEPRAE

Realizado no Instituto Anísio Teixeira – IAT, em Salvador/BA, nos dias 07, 08 e 09/08/2016, com a organização da Universidade Estadual de Feira de Santana –

Mestrado Profissional em Astronomia. Para o II SENAMEPRAE¹⁴⁵, foram inscritos um pôster e um trabalho de apresentação oral, mas também houve demonstração dos Produtos Educacionais em desenvolvimento ao público alvo de professores, mestrandos e pesquisadores. Os produtos ficaram em exibição no hall de entrada durante os dias 08 e 09/08/2016, à disposição para interação com outros professores.

A participação em exposição oral intitulada “Desenvolvimento de Produtos Educacionais Para a Radioastronomia Experimental no Nível Médio”, traçou um panorama do estágio de desenvolvimento dos produtos à época. Foi uma oportunidade importante para divulgar os estudos em andamento e contar com a colaboração da audiência que, na sessão de perguntas/comentários, ressaltou a importância dos aspectos da História das Ciências que os produtos evocam e que Vygotsky seria um referencial teórico importante no trabalho, o que, de fato, já estava sendo considerado. O pôster que foi apresentado intitulava-se “Desenvolvimento de Produtos Educacionais para a Radioastronomia Experimental no Nível Médio”, ficou em exposição no saguão do IAT (cópia no Apêndice). Com informações no "Caderno de Resumos" do II Senameprae¹⁴⁶.

Avaliação geral: os produtos foram expostos aos presentes e sua divulgação também foi realizada com o pôster e os fôlderes. O interesse dos outros mestrandos pela Astronomia foi positivo assim como a receptividade aos produtos. Corroboramos a percepção de avaliação positiva, neste evento, com a análise de seis questões objetivas que compunham um breve questionário para avaliar a opinião dos presentes sobre sua formação em relação à Astronomia, avaliando também os Produtos Educacionais apresentados, Tabela 5. O valor 1 significa “discordo totalmente” e o 5 “concordo totalmente”, com os valores intermediários representando a graduação da opinião.

AFIRMATIVAS	1	2	3	4	5
Gosto de ciência e tecnologia	0	0	1	4	16
É importante que os conteúdos relacionados à Astronomia façam parte do currículo escolar	0	0	0	4	17
O que aprendi sobre Astronomia em minha formação acadêmica foi suficiente para minha prática docente	10	7	5	2	1
Os Produtos Educacionais são relevantes para a aprendizagem dos discentes	0	0	2	2	17
Gostei dos produtos educacionais exibidos	0	1	0	7	11
Utilizaria algum Produto Educacional em minhas aulas.	0	0	4	1	14

Tabela 5 - Questionário com avaliação dos participantes

¹⁴⁵ II Senameprae, informações do evento disponíveis em: <<https://sites.google.com/site/ensinocapes/>>.

¹⁴⁶ Anexos do II Senameprae: <<https://sites.google.com/site/ensinocapes/home>>.

Ressalta-se nas respostas a necessidade de melhorar a formação em Astronomia nos cursos de graduação e a boa aceitação dos Produtos Educacionais exibidos por outros professores, analisada na Seção 7.4.

7.3.4 Feira de ciências do Colégio Estadual Teotônio Vilela

O colégio estadual localiza-se em Feira de Santana/BA, o evento foi realizado no dia 31/08/2016, organizado pelo mestrando, à época, Alberto Alves Amorim Filho, da Universidade Estadual de Feira de Santana – Mestrado Profissional em Astronomia - MPAstro. Foram apresentados os Produtos Educacionais aos estudantes, com exibição de vídeo sobre os experimentos de Hertz, sobre as descobertas que resultaram na Radioastronomia e no avanço que possibilitou o lançamento da Sonda JUNO, até Júpiter. Uma das apresentações foi voltada para os professores e outra para os estudantes, ilustrada na Figura 47. A apresentação foi denominada: “Radioastronomia experimental, Produtos Educacionais; demonstração do receptor *Radio Jove Project*”, priorizando imagens e vídeos para tratar da Radioastronomia e pontuar o uso de cada produto.

Figura 47 – Feira de Ciências do Colégio Estadual Teotônio Vilela



Fonte: Próprio autor

Avaliação geral: Os estudantes participaram com diversas questões, especialmente quanto ao funcionamento dos componentes eletrônicos utilizados. Os produtos foram bem aceitos pelos estudantes e professores. Na apresentação aos professores, no entanto, foi percebida uma preocupação destes com a praticidade de

construção de alguns produtos mais complexos como o Simulador de Io-Júpiter, o que foi importante para definir o perfil de uso deste tipo de produto, sendo mais adequado para Feiras de Ciências, não inviabilizando, no entanto, sua construção e uso em sala de aula. O Experimento de Hertz foi o produto mais bem aceito. Os planos de aula simplificados para conduzir atividades com os estudantes não foram utilizados plenamente, mas cumpriram a função de balizar as atividades.

7.3.5 Apresentação dos Produtos Educacionais – Evento ARES

Realizado na manhã do dia 22 de outubro de 2016, no Colégio Modelo Estadual Luís Eduardo Magalhães, em Feira de Santana/BA. Organizado pela mestranda, à época, Iranéia Campos dos Santos, da Universidade Estadual de Feira de Santana – Mestrado Profissional em Astronomia – MPAstro. Não foi possível apresentar todos os produtos, pois outros trabalhos de professores e estudantes estavam em exibição e não havia espaço suficiente. Muitos estudantes que vinham ao local de exposição se interessaram pelos produtos e a eles eram explicados os Experimentos de Hertz, Rádio de Galena Adaptado e Simulador de Io-Júpiter.

Avaliação geral: Produtos Educacionais: os produtos que mais geraram questionamentos dos estudantes foram o Experimento de Hertz e o Rádio de Galena Adaptado. Além da divulgação científica, o evento foi importante para comparação dos produtos desenvolvidos com as outras montagens realizadas pelos estudantes, indicando ser viável a adequação de materiais alternativos para soluções construtivas propostas nos roteiros, com a manutenção dos conceitos abordados.

7.3.6 Oficina de Radioastronomia: “Revelando o Universo escondido” (1)

Realizada no auditório da Bahia Marina, em Salvador/BA, em 14/12/2016. Como uma atividade de colaboração ao Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social da Bahia Marina, para jovens da Comunidade Solar do Unhão e filhos dos funcionários da empresa. Além da Oficina com os Produtos Educacionais, foi realizada sessão de exibição do Planetário Móvel do Observatório Antares, pelo Prof. Dr. Marildo Geraldete Pereira. A apresentação editada continha informações conceituais e históricas da Radioastronomia, profissional e amadora; priorizadas em vídeos e fotos.

Avaliação geral: os produtos tiveram uma boa aceitação dos estudantes presentes, despertaram a curiosidade em especial o Experimento de Hertz e o Simulador de Pulsar. A apresentação, no entanto, aprofundava demais determinados conteúdos – de modo que, em retrospecto, o tempo dedicado a certos conceitos poderia ter sido menor. Havia a necessidade de incluir elementos mais lúdicos.

7.3.7 Oficina de Radioastronomia: “Revelando o Universo escondido” (2)

Realizada na Escola Municipal João Pereira Vasconcelos, em Mata de São João/BA, em 15/12/2016. Organizada pelo mestrando do MPAstro, Jorge Luís Lopes. Com apresentação de aspectos da Radioastronomia e utilização dos Produtos Educacionais pelos estudantes. Também contou com apresentação do Planetário Móvel pelo Prof. Dr. Marildo Geraldete Pereira. Os produtos foram organizados numa sala que era de informática e a apresentação foi a mesma utilizada na Bahia Marina.

Figura 48 - Oficina Escola M. J. P. Vasconcelos: Revelando o Universo Escondido



Fonte: Próprio autor

Avaliação geral: apesar do pouco espaço na sala da apresentação, foram utilizados o Experimento de Hertz, Simulador de Pulsar e Simulador Io-Júpiter. O Rádio de Galena Adaptado foi demonstrado como uma antena auxiliar para um rádio AM, pois na localidade não havia nenhuma emissora local que pudesse ser captada. Quanto ao uso e a manipulação pelos estudantes dos produtos para ilustrar os aspectos

da Radioastronomia, foi relevante, com estudantes que retornaram à sala para rever alguns experimentos, Figura 48.

7.3.8 Oficina “O que fazer para entender a Radioastronomia?”

Realizada no Colégio Estadual Juiz Jorge Farias Góes, em Feira de Santana/BA, na tarde do dia 16/05/2017, para uma turma de estudantes do 2º ano, organizada pela professora Dr^a Ana Verena Paim, da Universidade Estadual de Feira de Santana – do MPAstro. Nesta oficina os seis Produtos Educacionais desenvolvidos no MPAstro foram apresentados, com utilização mais aprofundada do Experimento de Hertz, Rádio de Galena Adaptado e Simulador de Pulsar. Trazia questões: O que é a Radioastronomia? Por que estudar Radioastronomia? O que fazer para entender a Radioastronomia?

Figura 49 – Diagrama em Vê da Oficina



Fonte: Fonte: Adaptado de NOVAK; GOWIN, 1984, p.72

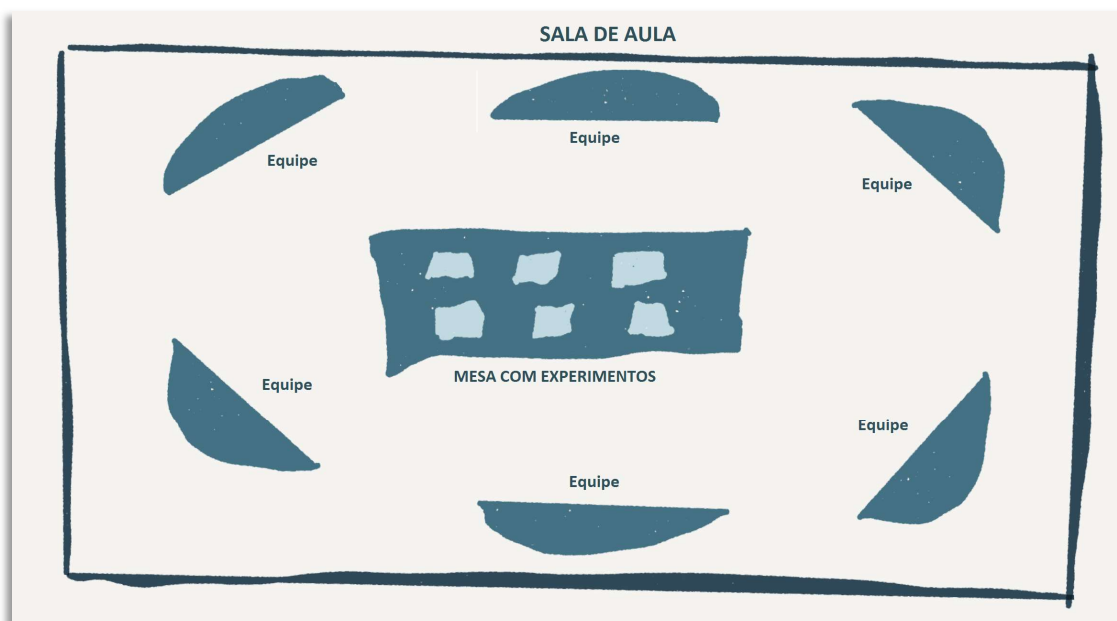
Para responder a estas perguntas, a estrutura da oficina foi articulada de modo a coadunar informações prévias que os estudantes porventura tivessem sobre a Radioastronomia e as novas informações sobre o tema da oficina, envolvendo o eletromagnetismo, articulando conceitos e atividades práticas.

O que foi planejado: esta oficina, a primeira de 2017, foi planejada a partir das percepções do que fora realizado nos eventos anteriores, que ajudaram no desenvolvimento dos produtos e da metodologia proposta. Com as concepções de Novak e Gowin para atividades, foi incluído o uso de Mapas Conceituais e Diagramas em Vê. Este último, empregado como “recurso heurístico, para ajudar os estudantes a reconhecer a interação existente entre o que já conhecem e os novos conhecimentos que estão a produzir e que pretendem compreender” (NOVAK; GOWIN, 1984, p. 73).

O Diagrama Heurístico em Vê da Figura 49, que estruturou a oficina em seu contexto geral, foi o modelo pensado para orientar cada experimento a ser apresentado aos estudantes, como recurso para aprendizagem com os produtos. A sequência de atividades da oficina foi planejada para que todos os estudantes participassem em pelo menos um experimento, montando-os, por isso foram concebidas seis equipes.

A disposição da sala de aula, sugerida: mesa central para a montagem e manipulação dos experimentos com as equipes circundando-a, para que todos vejam a equipe em ação na montagem do experimento, Figura 50.

Figura 50 – Planejamento de arrumação da sala



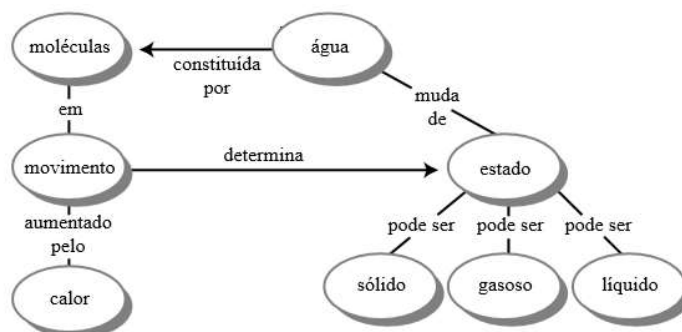
Fonte: Próprio autor

Antes dos experimentos divulgar procedimentos: de segurança (especialmente o Experimento de Hertz, somente com supervisão do professor, por trabalhar com alta

tensão), cuidados com manipulação dos materiais e divisão das equipes, bem como o controle do tempo para cada atividade.

INÍCIO: MAPA CONCEITUAL INICIAL a ser construído por cada equipe para resgate dos conhecimentos prévios e contato com as palavras-chave. O professor deve apresentar regras básicas de um Mapa Conceitual – exibir exemplos básicos, como o modelo sobre a água (Figura 51), caso os participantes ainda não conhecessem.

Figura 51 – Exemplo de Mapa Conceitual



Adaptado de NOVAK, GOWIN, 1984, p. 34

Fonte: Adaptado de NOVAK; GOWIN, p. 34

Distribuição de cartolinas e recortes com palavras-chave e conectivos para que sejam montados os primeiros mapas conceituais, antes das atividades com os experimentos. Ao final de todos os experimentos, outro Mapa Conceitual deve ser elaborado pelas equipes, com as mesmas palavras-chave, para ilustrar o que entenderam do conjunto das atividades realizadas, bem como para compararem o mapa inicial com o final. Estes Mapas Conceituais (e os Diagramas em Vê) serão instrumentos de avaliação dos trabalhos (esta avaliação será analisada posteriormente, após a conclusão da Oficina).

Apresentação *datashow*: conceituando a Radioastronomia e relacionando-a à Astronomia, ao espectro eletromagnético e às Janelas de Observação Cósmica; exemplificar como “vemos” o Universo por meio das ondas de rádio. Creditar descobertas iniciais de Jansky e Reber. A sequência da apresentação coincide com a de cada produto, com esquemas elétricos e diagramas de montagem.

Explicar utilização do diagrama em vê – para anotações dos experimentos. Distribuição, para cada equipe: Roteiros dos experimentos; Diagramas Heurísticos: para orientar a reflexão, parcialmente preenchidos para serem completados pelos estudantes;

A ordem de execução dos experimentos é inspirada na cronologia histórica das descobertas científicas. Enquanto uma equipe participa com um experimento, as outras observam e fazem anotações e eventualmente contribuem com sugestões. Ordem dos Experimentos: (1) Experimento de Hertz; (2) Rádio de Galena Adaptado; (3) Simulador Io-Júpiter; (4) Simulador de Pulsar; (5) Radiotelescópio Banda Ku; (6) Simulador Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas - RCFM. Após o último experimento, exibir slide “o que fizemos para entender a radioastronomia?” Com o resumo de tudo o que foi feito e da relação entre cada experimento com a Radioastronomia e sua evolução histórica. Na conclusão da oficina: avaliar atividades com estudantes e verificar sua opinião sobre os produtos.

Recursos utilizados nesta oficina: todos os Produtos Educacionais. *Notebook*. Caixa de ferramentas. Fôlderes. Apresentação *Power Point*. Cartolinas com conceitos previamente impressos para Mapas Conceituais; Roteiros de atividade pro cada equipe; Diagramas em Vê.

Descrição do evento: A organização dos Produtos Educacionais na sala demandou algum tempo para a logística de sua arrumação. A sala de aula não possuía as cadeiras convencionais das salas de aula, mas tinha mesas retangulares, com grandes bancos. A estratégia de arrumação da sala foi adaptada, de modo que os experimentos ficaram centralizados e o projetor de *slides* voltado para o quadro branco.

A oficina foi iniciada com exemplo de mapa conceitual e os estudantes disseram já conhecê-los. Alguns não gostaram da ideia de construir o mapa. Foi solicitado que se organizassem em equipes e elaborassem um mapa conceitual sobre qual a ideia que tinham da Radioastronomia, de modo que conectassem os diversos conceitos relacionados ao tema. Após cerca de vinte minutos, os mapas que fizeram foram guardados para comparação com o mapa posterior. Após breve apresentação no *Power Point*, sobre a Radioastronomia, os experimentos foram iniciados.

O planejamento era para que cada equipe, ao seu tempo, montasse cada experimento (os produtos parcialmente desmontados nas caixas organizadoras). A primeira equipe realizou o experimento de Hertz e a última o Simulador de Io-Júpiter. Não foi possível utilizar o Radiotelescópio Banda Ku. Houve dificuldade com o tempo disponível e o uso dos produtos foi interrompido para o intervalo. Ao fim do intervalo, alguns estudantes estavam ausentes. Havia menos estudantes neste segundo momento da oficina, entretanto, os trabalhos contaram com maior participação dos presentes.

Nesta oficina, a apresentação do *Power Point* priorizava a realização da montagem e experimentação com os Produtos Educacionais pelos estudantes, apesar de alguma resistência inicial, demonstraram interesse em discutir os conceitos envolvendo eletricidade e eletromagnetismo, participando ativamente de debates em que propunham soluções e novos problemas. A apresentação com a revisão do uso de Mapas Conceituais, introduzia conhecimentos de Radioastronomia e dos Diagramas em Vê, para a realização dos experimentos com cada Produto Educacional, aos quais foram dedicados alguns *slides*. Também foram incluídos *slides* sobre o *Radio Jove*, mas o rádio não foi utilizado por não haver tempo. Foi exibido trecho da apresentação abordando Astronomia e Radioastronomia e, logo em seguida, os Diagramas em Vê, que acompanhariam cada experimento. Foi explicado como usar o diagrama em Vê, exibindo o diagrama da própria oficina.

Produtos Educacionais: No primeiro produto apresentado, o Experimento de Hertz, foi exibido vídeo com encenação do experimento de Hertz e sobre as equações de Maxwell. A primeira advertência, para que houvesse cuidado ao manipular o experimento, devido à alta tensão nos eletrodos, gerou muito interesse e todas as equipes se manifestaram com curiosidade. Muitos questionamentos emergiram e foram importantes para alinhavar os conhecimentos prévios e do senso comum dos estudantes, que tinham noções de eletricidade, mas sem ainda terem estudado a Física relacionada.

Os estudantes tiveram bastante interesse com relação às características do sinal elétrico de alta tensão produzido pela usina de fogão adaptada. Durante a experimentação, para demonstrar que havia uma interação entre o lado de transmissão e o de recepção do experimento, sem conexão física, uma das variações propostas como experimento era saber se haveria descarga elétrica caso um objeto fosse inserido entre os eletrodos. Um aluno propôs inserir uma folha de papel para verificar se interromperia a descarga.

Com alertas de cuidados para evitar choque elétrico, pois o papel, apesar de isolante, se estiver úmido pode conduzir a alta tensão, o experimento foi realizado utilizando-se um alicate com hastes isoladas para segurar um pequeno pedaço de papel e, assim, introduzi-lo no intervalo entre os eletrodos. Os estudantes reagiram com surpresa ao perceber que o centelhamento não foi interrompido e parecia atravessar a folha de papel. Foi verificado que o LED ainda piscava sinalizando a recepção do sinal.

Também foram montados o Rádio de Galena Adaptado, Figura 52, que, apesar de receber um sinal com baixa intensidade, intrigou os estudantes. A eles foi explicado

o conceito do circuito de sintonia, com o circuito LC e os respectivos componentes eletrônicos. O simulador de Pulsar, também representou uma novidade para os estudantes, que não conheciam muito da evolução estelar, levantando questões sobre o magnetismo, com os imãs utilizados no experimento. O Simulador de Io-Júpiter foi explicado em sua concepção de reproduzir uma observação de rádio de modo que os estudantes montaram os elementos do Produto e simularam uma emissão de rádio do sistema Io-Júpiter, sendo captado da Terra, incluindo aspectos sobre interferências. O último produto apresentado foi o Simulador de RCFM. Este produto despertou a atenção com o simulador de efeito Doppler – ilustrada com os LEDs RGB e o joystick. A medição de variação de temperatura, para ilustrar anisotropias, intrigou os estudantes na parte da caixa do simulador que representa os 380.000 anos iniciais do Universo.

Figura 52 – Oficina Colégio Estadual Juiz Jorge Farias Góes



Fonte: Próprio autor

Os estudantes presentes ainda realizaram dois Mapas Conceituais finais, mas o acompanhamento das atividades com os Diagramas em Vê não foi completamente aplicado.

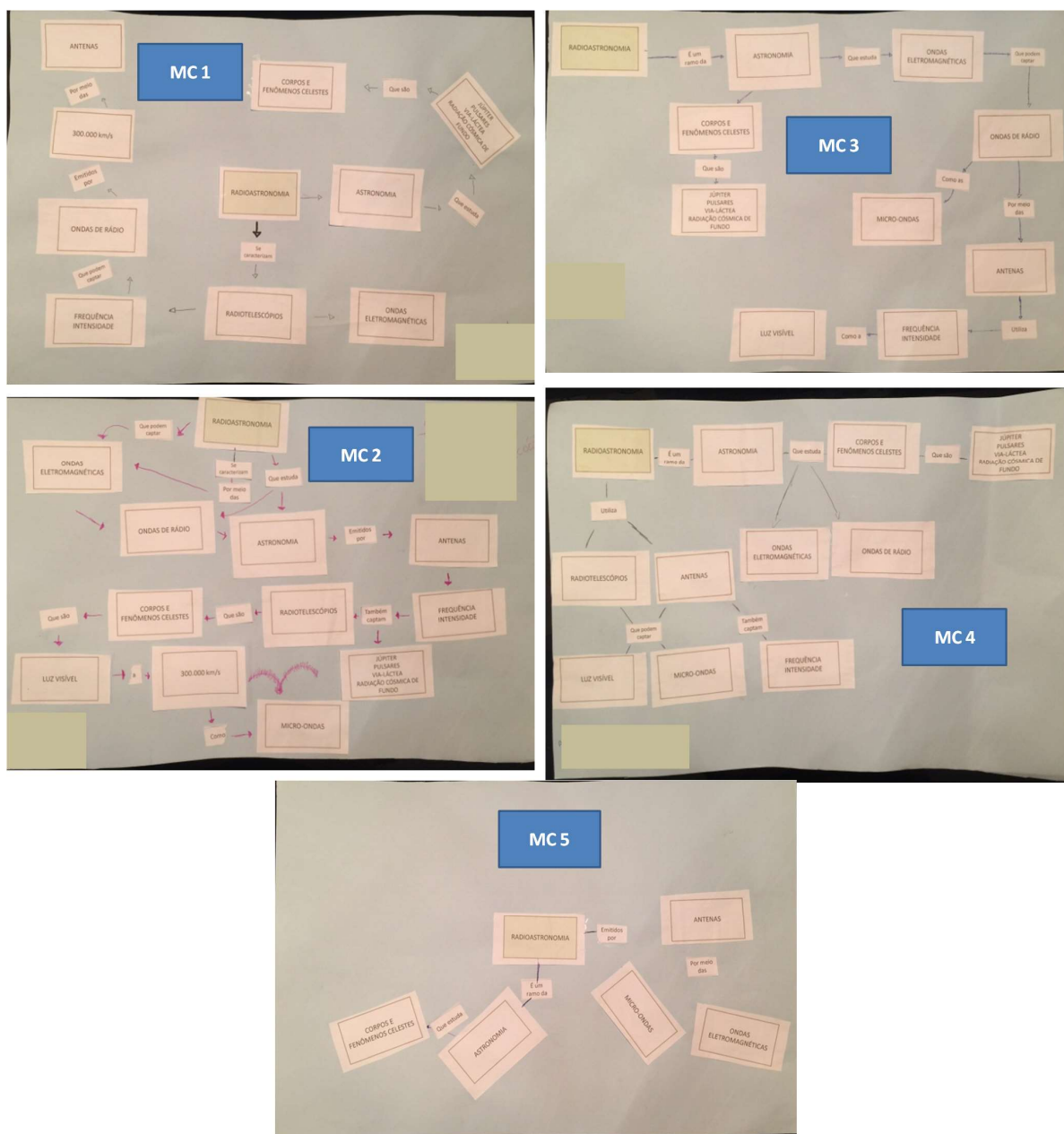
Avaliação geral: Algumas dificuldades iniciais decorreram da logística para organização dos materiais. O horário previsto para realizar a oficina: 13:30 às 16:30, com intervalo, e o tempo disponível para apresentar e trabalhar com todos os produtos ficou comprometido. Foi necessário reorganizar o planejado dos experimentos na sala com as grandes mesas. Ainda assim, os materiais para a oficina foram dispostos numa

mesa central e as demais mesas em volta, permitindo que todos vissem e participassem dos experimentos.

Apesar de os estudantes, terem dito conhecer os Mapas Conceituais e alguns terem resistido a elaborá-los, ainda assim, com o tempo escasso para colher estes conhecimentos prévios, durante a elaboração do primeiro mapa, Figura 53, os estudantes fizeram várias perguntas e discutiram sobre os conceitos associados às palavras-chave distribuídas, sobre Radioastronomia e eletromagnetismo.

A pontuação dos primeiros mapas foi atribuída, conforme metodologia de NOVAK, Quadro 26. A pontuação do mapa de referência valia 45.

Figura 53 – Mapas Conceituais (MC) prévios – Oficina Juiz Jorge



Fonte: Próprio autor

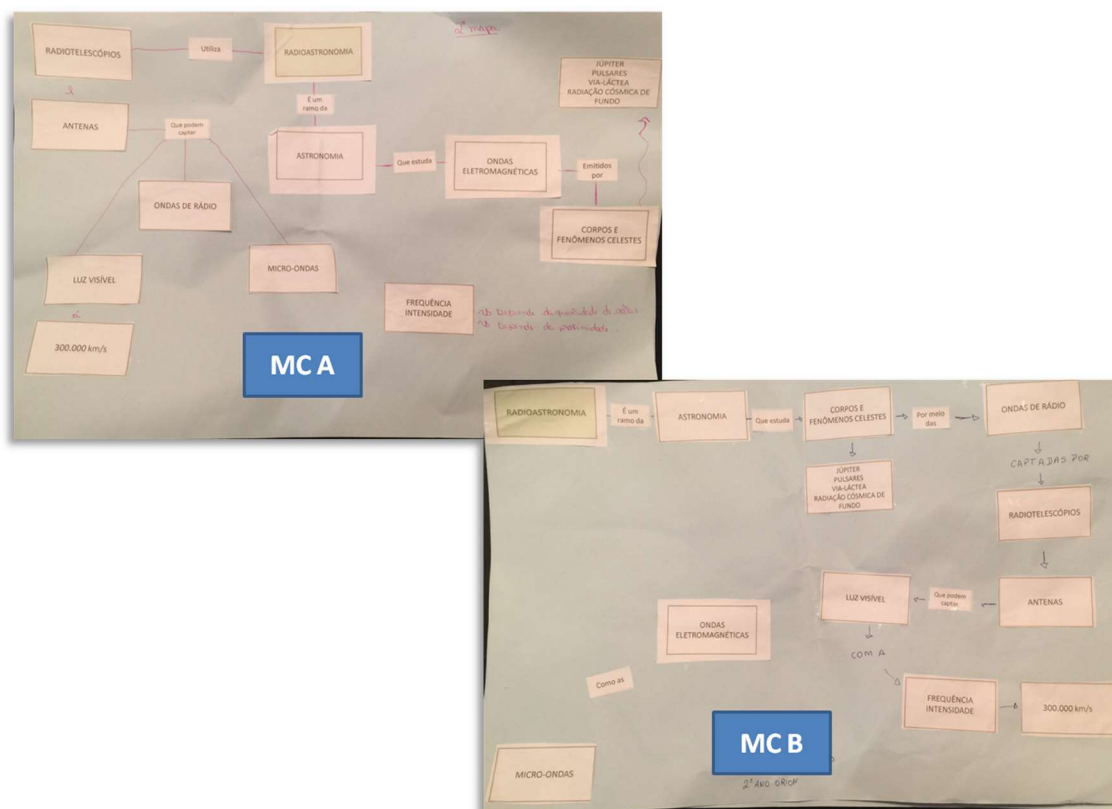
Fonte: Próprio autor

Itens em avaliação – mapas prévios	MC 1	MC 2	MC 3	MC 4	MC 5
Relações válidas (1)	4x1=4	8x1=8	7x1=7	13x1=13	3x1=3
Hierarquia válida (5)	1x5=5	1x5=5	2x5=10	2x5=10	5x1=5
Ligações transversais válidas (10)	0x10=0	1x10=10	0x10=0	0x10=0	0x10=0
Exemplos válidos (1)	0x1=0	1x1=1	1x1=1	1x1=1	0x1=0
Total	9	24	18	24	8

Quadro 26 – Avaliação dos Mapas Conceituais prévios

Com a análise dos mapas ficou evidente a necessidade de estes serem exercitados previamente pelos estudantes. Apesar de no segundo mapa a pontuação ter sido menor, foi possível perceber que na elaboração do MC A e MC B as relações estavam mais claras e a elaboração do mapa mais sistematizada. Um fator que pode ter prejudicado a elaboração dos mapas posteriores foi o tempo, pois foram construídos após o horário definido para as oficinas, a maioria dos estudantes já havia saído, apenas dois mapas posteriores foram elaborados e as equipes não eram mais as mesmas. Foi possível identificar que havia um integrante da equipe que elaborou o MC 2 na elaboração do MC A, Figura 54.

Figura 54 - Mapas Conceituais (MC) Finais – Oficina Juiz Jorge



Fonte: Próprio autor

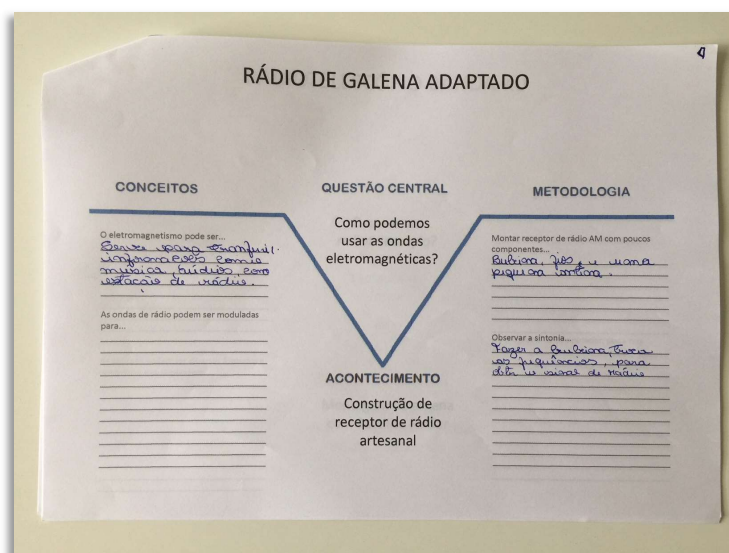
Fonte: Próprio autor

Itens em avaliação – mapas posteriores	MC A (MC 2)	MC B	MC Padrão
Relações válidas (1)	9x1=9	8x1=8	12x1=12
Hierarquia válida (5)	2x5=10	1x5=5	2x5=10
Ligações transversais válidas (10)	0x10=0	0x10=0	2x10=20
Exemplos válidos (1)	1x1=1	1x1=1	3x1=3
Total	20	14	45

Quadro 27 - Avaliação dos Mapas Conceituais (MC) Finais

Pontuação do segundo Mapa, conforme Quadro 27. A estratégia para elaboração dos Diagramas Heurísticos em Vê, que deveria acompanhar cada experimento, revelou-se inadequada no tempo disponível. Parte do diagrama impresso previamente continha

Figura 55 – Diagrama em Vê parcialmente preenchido



Fonte: Próprio autor

algumas frases com a intenção de orientar o seu preenchimento, pelos estudantes, mas durante o trabalho as frases confundiram mais do que ajudaram. Também seria recomendável uma aula dedicada à sua elaboração antes do uso na aplicação prática. A dificuldade no seu uso, no entanto, não invalida a metodologia proposta, pois é um fator relevante para a metacognição e, nos poucos diagramas heurísticos com algum preenchimento, percebe-se alguma tentativa no sentido de definir conceitos e métodos, Figura 55.

A utilização dos Mapas Conceituais é uma ferramenta útil para o professor avaliar os conhecimentos dos estudantes. Após a análise dos mapas, se fosse possível

continuar as atividades com a mesma turma, a comparação do que eles realizaram, do antes e depois, permitiria, em primeiro lugar, rever as regras de elaboração e avaliação dos próprios Mapas Conceituais, de modo que os estudantes tivessem consciência dos itens que seriam avaliados. Posteriormente, abordar de novo os conceitos, mas desta vez aproveitando a própria visão crítica dos estudantes em relação ao que vivenciaram nas aulas práticas em contrapartida aos conceitos, que eles mesmos deveriam pesquisar.

Apesar das dificuldades para apresentar diversos Produtos Educacionais num curto espaço de tempo, a proposta metodológica é válida para um contexto de aplicação em sala de aula, com mais tempo para sedimentar cada etapa, de modo que os estudantes participem com mais autonomia e consciência do que será avaliado. Além disso, os produtos possibilitaram aos estudantes lidarem ativamente com os conteúdos, a questionarem diversos aspectos da Astronomia, Radioastronomia e eletromagnetismo.

7.3.9 X Curso Básico de Astronomia – Observatório Antares

Participação nos dias 09 e 10/06/2017, no Observatório Antares, em Feira de Santana/BA, e o evento foi nos dias 05 a 10/06/2017, promovido pelo Clube de Astronomia de Feira de Santana (CAFS). Foi organizada uma oficina intitulada “*Radio Jove: Radioastronomia Experimental*”. O principal objetivo da participação neste evento foi a divulgação científica da Radioastronomia e das atividades realizadas no MPAstro, com o radiotelescópio experimental do *Radio Jove* e o receptor do *VLF Inspire*.

No primeiro dia, realizada palestra no auditório do observatório com destaque para o panorama histórico as características do espectro eletromagnético e as janelas de observação; as características básicas de operação de um radiotelescópio típico; antenas e receptores, mencionando os radiotelescópios experimentais. Após esta palestra, os equipamentos que estavam no saguão do observatório foram manuseados por alguns participantes e a função de cada um deles foi explicada. Com uma antena dipolo montada previamente na área externa, próximo à entrada do prédio, as atividades práticas foram reservadas para o dia seguinte.

Figura 56 – Radio Jove Bulletin – “Radio Jove in Bahia”

Radio Jove in Bahia
by Marcelo Lago Araujo, Bahia, Brazil

On 09 and 10 June, I was one of the speakers of the X Course of Astronomy at the Antares Observatory, presenting a workshop on Radio Jove, in Feira de Santana, Bahia, Brazil. I referenced Radio Jove in my dissertation entitled "Experimental Radio Telescopes for Teaching Astronomy in High School". My advisers are Germano P. Guedes and Marildo G. Pereira. This dissertation was for completion of the Professional Masters in Astronomy at UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana).

The workshop was a great opportunity to talk about radio astronomy to a diverse audience. The receiver was installed with just one antenna, for demonstration, taking advantage of the structure of the building.



(top image) A Radio Jove dipole at the Observatorio Antares in Bahia, Brazil and (bottom image) the author presenting the Radio Jove system to participants at the Astronomy Workshop. Photos by José Carlos S. Santos.

Fonte: <https://radiojove.gsfc.nasa.gov/library/newsletters/2017Jun/index.html#2>

No segundo dia, as atividades foram realizadas exclusivamente na área externa. Para explicar a dinâmica entre Júpiter e Io foram empregadas as maquetes do Produto Educacional Simulador de Io-Júpiter. O receptor *Radio Jove* foi montado e interligado a uma antena dipolo. A oficina abordava os aspectos práticos de uma sessão de

observação de Júpiter ou do Sol e contou com a participação de vários presentes no evento.

Após a realização desta oficina, foi encaminhada correspondência eletrônica para o grupo de e-mail “radiojove-data”, com algumas fotos do evento e breve relato da divulgação científica realizada. Como resposta, o editor do *Radio Jove Bulletin*, solicitou autorização para publicá-las no próximo boletim semestral. A publicação aconteceu na edição de junho de 2017, destacando outros usos didáticos para o radiotelescópio experimental, na África do Sul, preparativos para observação de rádio do eclipse solar total nos EUA, com o *Radio Jove*. A utilização do *Radio Jove* na Bahia, no evento do Observatório Antares, cópia da página na Internet, na Figura 56. O Simulador de Io-Júpiter foi o único produto considerado diretamente nesta apresentação, utilizado em parte para demonstrar as posições orbitais dos objetos celestes. Indiretamente, o Experimento de Hertz por tratar da descoberta das ondas eletromagnéticas.

Avaliação geral: a motivação da audiência, ávida por conhecer mais sobre Astronomia contribuiu para o resultado positivo do evento. Houve interesse tanto pela Radioastronomia quanto pelos aspectos do sistema joviano, apresentado em sua complexidade com os sistemas de satélites naturais, as luas galileanas, com destaque para Io, relacionado às emissões de rádio na faixa de recepção do *Radio Jove*. Alguns estudantes da UEFS presentes, que já possuíam algum conhecimento de Astronomia, manifestaram interesse pela Radioastronomia e as possibilidades de continuar os estudos nessa área.

7.3.10 I Jornada de Astronomia do CIEAC

Apresentação da Oficina *Radio Jove* Radioastronomia Experimental, Demonstração de Produtos Educacionais. Integrando o evento realizado no Centro Integrado de Educação Assis Chateaubriand - CIEAC, em Feira de Santana/BA, em 30/09/2017. Organizado por mestres formados no MPAstro. Neste evento, diversas oficinas foram apresentadas e, durante toda a manhã, houve sessões do Planetário Móvel.

Os produtos já construídos, mas desmontados, foram apresentados para serem montados conjuntamente com os estudantes enquanto seu funcionamento era discutido juntamente aos conteúdos de Física e Astronomia. Estava prevista a elaboração de Mapa

Conceitual sobre eletromagnetismo e a Radioastronomia. Houve tempo de montagem e discussão de conteúdos associados ao *Radio Jove* e aos produtos Experimento de Hertz, Rádio de Galena Adaptado, Simulador de Pulsar e Simulador de Io-Júpiter. A estruturação da oficina estava baseada no que foi planejado para o Colégio Estadual Juiz Jorge Farias Góes, em Feira de Santana/BA, privilegiando o contato dos estudantes com os Produtos Educacionais, e todas as caixas com os produtos foram previamente separadas e organizadas na sala de aula, para utilização de um produto por vez.

Avaliação geral: houve certa dificuldade em montar e desmontar os produtos na sala de aula, nas mesas disponíveis. Antes da apresentação as caixas foram organizadas na ordem da utilização dos produtos. A apresentação para os estudantes começou efetivamente por volta de 09:40. Com a apresentação sobre Astronomia e Radioastronomia e logo após com os estudantes ajudando a montar a antena do *Radio Jove*. Apesar de na lista de participantes constarem vinte inscritos, apenas três compareceram. A presença de apenas três estudantes foi um elemento surpreendente, que motivou a reorganização das tarefas propostas, concentrando-se nos aspectos práticos de montagem de cada produto e possibilitou o diálogo com os estudantes presentes. Os três estudantes fizeram questão de participar de todas as atividades, contribuindo com indagações, mesmo após o término da apresentação. Uma indicação do seu interesse nesta oficina: não quiseram participar do horário do intervalo e perguntaram quando haveria outra aula do tipo que praticamos neste evento.

Com a anuência dos três estudantes, parte da oficina foi repetida para professores que vieram à sala. Desta vez com explicações dos Produtos Educacionais como recursos pedagógicos. A utilização de todos os produtos ao mesmo tempo, inicialmente desmontados para serem montados pelos estudantes deve ser reconsiderada em função da difícil logística para administração e acomodação das peças de cada um deles, no curto tempo disponível.

7.3.11 XX Semana de Física – UEFS 2017

Oficina “Nas Ondas da Radioastronomia”, realizada na Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, Feira de Santana/BA, em 04/10/2017, integrando a XX Semana de Física, promovida pelo Departamento de Física - DFIS. Realizada montagem prévia dos produtos para, após a apresentação de alguns conceitos, os serem

utilizados e analisados pelos estudantes. Elaborado questionário para os estudantes avaliarem cada produto.

Figura 57 – Oficina na XX Semana de Física – UEFS 2017



Fonte: Próprio autor

Não foi possível montar a antena do *Radio Jove*, pois durante a organização da sala foi necessária a troca de local. Ao contrário da última apresentação, esta ocorreu com os Produtos previamente montados e organizados nas mesas e carteiras disponíveis da sala. A palestra com apresentação *Power Point* foi pontuada por diversos questionamentos dos estudantes presentes (Figura 57), que buscavam aprofundar o conhecimento de diversos aspectos: Sistema Solar, exoplanetas, eletromagnetismo, evolução estelar, SETI, aspectos da astrobiologia etc.

Com os produtos previamente montados e dispostos em sequência, foi possível explicar o funcionamento de cada um deles e relacioná-los a conteúdos da Física. Foi possível também realizar uma simulação de observação solar com o Radiotelescópio Banda Ku, com uma lâmpada fluorescente simulando a estrela. Logo após a oficina, os produtos foram avaliados pelos estudantes, conforme Quadro 28.

Avaliação geral: assim como nos eventos anteriores, a percepção de boa avaliação dos Produtos Educacionais se repetiu, mas desta vez com a confirmação das notas de 1 a 10, com média atribuída aos produtos de 9,6, e para a oficina de 9,8.

Fonte: Próprio autor

Ordem	Produto Educacional	Nota (1 a 10)	Observação
1	Radio Jove	9,4	Rádio apresentado, mas a antena não foi montada
2	Experimento de Hertz	9,8	Apresentado
3	Rádio de Galena Adaptado	9,5	Apresentado

4	Radiotelescópio Antena Ku	9,6	Apresentado
5	Simulador Io-Júpiter	9,7	Apresentado
6	Simulador de Pulsar	9,9	Apresentado
7	Simulador RCFM	-----	Não apresentado
8	Site Radioastronomia	9,5	Apresentado
9	Oficina	9,8	Apresentada para estudantes
10	Gosta de Astronomia?		14 Sim; 1 Não; 2 Em Branco.

Quadro 28 – Avaliação dos Produtos Educacionais pelos estudantes

7.4 AVALIAÇÃO GERAL DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS E AÇÕES DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Para a avaliação geral do trabalho realizado, resgatamos os parâmetros definidos na metodologia: (1) cumprimento dos objetivos; (2) integração das atividades em campo com o desenvolvimento dos Produtos Educacionais; (3) Pertinência da utilização dos produtos e dos conteúdos; (4) atividades de divulgação científica e público alvo atendido; (5) avaliação dos produtos por estudantes e professores.

Primeiramente, os objetivos (1) propostos nesta dissertação para verificarmos o cumprimento do que foi planejado. A avaliação que fazemos, é a de que foram cumpridos os objetivos propostos quando os associamos com as ações realizadas, conforme Quadro 29.

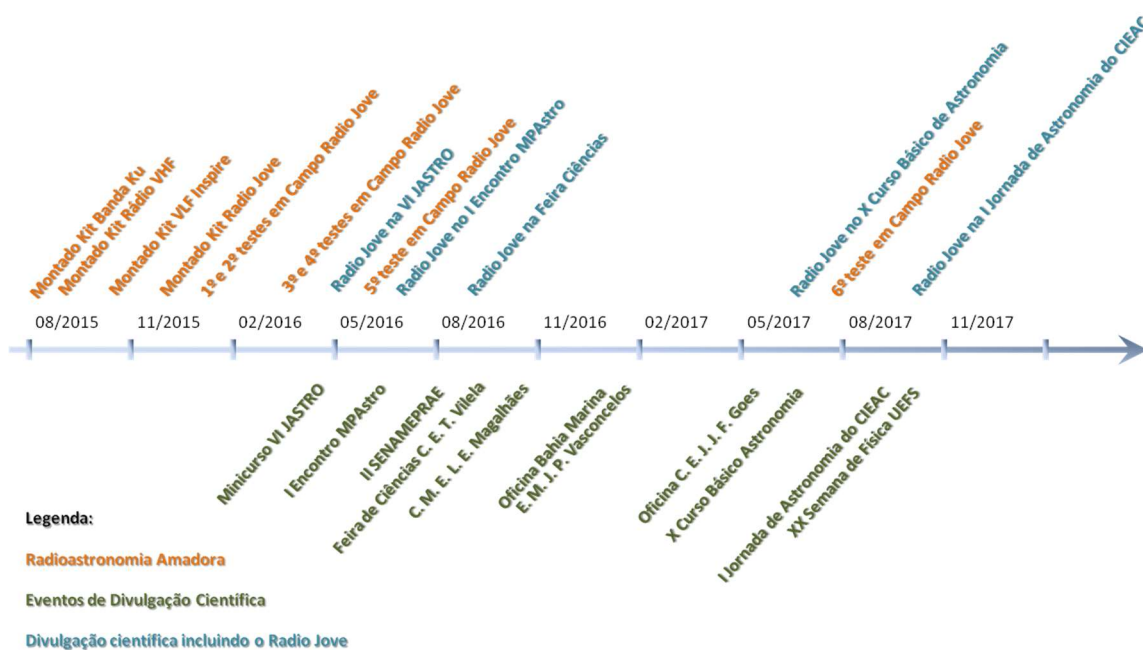
Objetivos	Realizações
Desenvolver produtos educacionais para o ensino da Astronomia e Radioastronomia	Projeto, construção e teste dos Produtos Educacionais;
Iniciar os estudantes em atividades envolvendo conceitos e princípios de emissão de sinais de rádio	Atividades como o Experimento de Hertz, os simuladores de Pulsar e Io-Júpiter e a antena Banda Ku; Uso de transmissores e receptores;
Promover em escolas públicas a utilização de Produtos Educacionais para a aprendizagem significativa de conceitos da Física, com a Radioastronomia	Oficinas e eventos de divulgação científica, realizados nos colégios Teotônio Vilela, L. Eduardo Magalhães; Juiz Jorge Farias Góes; CIEAC; Escola Municipal J. P. Vasconcelos;
Explorar aspectos físicos da emissão de sinais de rádio por objetos celestes	Simulador de Pulsar; Simulador de Io-Júpiter; Simulador RCFM;
Pesquisar e instalar os softwares apropriados para a utilização dos Produtos Educacionais	<i>Radio Sky Pipe; Radio Jupiter Pro; Spectrum Lab;</i>
Promover a divulgação da história da Radioastronomia replicando-se conceitos de experimentos históricos, com materiais atuais	Experimento de Hertz; Simulador de Pulsar; Simulador Io-Júpiter. Aspectos históricos abordados com outros produtos;
Criar oficina com o conjunto dos Produtos Educacionais desenvolvidos para professores do Ensino Médio	Eventos com participação de professores: II Senameprae; colégio Teotônio Vilela; colégio CIEAC; Roteiros de construção e sugestão de utilização dos Produtos Educacionais;
Construir dispositivos eletrônicos, kits disponíveis	Montagem do <i>Radio Jove</i> para a Radioastronomia experimental; Utilização do <i>Radio Jove</i> em

na Internet, constituintes dos radiotelescópios experimentais, associando-os aos conteúdos da Física	eventos de divulgação científica; Utilização de componentes eletrônicos nos produtos desenvolvidos; Pesquisas com a plataforma Arduino;
Criar sítio na Internet para publicação dos conteúdos do Projeto	Sítio publicado e em atualização permanente: www.radioastronomia.pro.br

Quadro 29 – Avaliação do cumprimento dos objetivos

Depois, para avaliar a integração das atividades em campo com o desenvolvimento dos Produtos Educacionais (2), elaboramos uma linha do tempo detalhando o contexto dos acontecimentos, estabelecendo uma correlação entre as atividades da Radioastronomia amadora, os radiotelescópios experimentais e as atividades de divulgação científica durante os dois anos do MPAstro. A partir do diagrama da Figura 58, após a montagem dos receptores dos radiotelescópios experimentais, contabilizamos seis testes em campo com o *Radio Jove* – no período do final do segundo semestre de 2015 ao início do segundo semestre de 2017. Foram incursões para o exercício da atividade observacional.

Figura 58 – Eventos da Radioastronomia Amadora e Divulgação Científica



Fonte: Próprio autor

Houve cinco apresentações em eventos de divulgação científica que incluíram o *Radio Jove*, com montagem da antena, como exemplo de radiotelescópio experimental. Ao todo, foram realizados onze eventos de divulgação científica nos ambientes formais,

das escolas, e não-formais, de outras instituições, no período de 2016 a 2017. A efetiva integração destas atividades realizadas representa um processo de balanceamento entre as pesquisas, experimentos observacionais, construção dos protótipos e vivências que subsidiaram a criação dos Produtos Educacionais.

Consideramos ter atendido o terceiro parâmetro, a pertinência da utilização dos Produtos para com os conteúdos (3), o que permite também avaliarmos o perfil de utilização, que é apenas uma indicação, não inviabilizando novos usos que o professor julgue adequado. No Quadro 30, indicamos alguns conteúdos relacionados a cada produto, lembrando que há também conteúdos interdisciplinares e transversais atendidos, bem como às competências e temas dos PCN (ver Quadros 23 e 24).

Produto	Fato Histórico e/ou Tecnológico Relevante	Aplicação na Física e Radioastronomia	Perfil de Utilização
Experimento de Hertz	Comprovação das ondas eletromagnéticas	Equações de Maxwell Eletromagnetismo; Emissores e receptores;	Sala de aula
Rádio de Galena Adaptado	Desenvolvimento das telecomunicações	Eletromagnetismo; Circuitos sintonizados; Modulação AM; Diodos, capacitores e indutores;	Sala de aula
Radiotelescópio Antena Ku	Desenvolvimento da Radioastronomia	Uso e funcionamento das antenas; Princípios básicos de Radioastronomia;	Sala de aula
Simulador Io-Júpiter	Descoberta das emissões planetárias	Sistema Solar; Magnetosfera; Radiações ciclotron e síncrotron	Feira de Ciências
Simulador de Pulsar	Descoberta das estrelas de nêutrons	Evolução estelar; Eletromagnetismo;	Sala de aula
Simulador RCFM	Teoria do Big Bang	Cosmologia; Efeito Doppler;	Feira de Ciências
Sítio www.radioastronomia.pro.br	Todos	Todos	Repositório
Oficina para Professores	Todos	Todos	Capacitação/Formação

Quadro 30 – Avaliação da pertinência da utilização dos Produtos com os conteúdos

A aplicação em campo que mais se aproximou da metodologia proposta, para o ensino-aprendizagem dos conteúdos na sala de aula, foi realizada no Colégio Estadual Juiz Jorge Farias Góes, em Feira de Santana/BA, com a elaboração dos Mapas Conceituais prévios e posteriores à realização das atividades práticas e a tentativa de

aplicação dos Diagramas em Vê. O tempo disponível para as diversas etapas da metodologia, no entanto, não foi suficiente para sua aplicação plena.

Para as atividades de divulgação científica e público alvo atendido (4), fizemos um levantamento numérico dos eventos nos quais atingimos um público estimado total de 328 pessoas, entre estudantes (a maioria), professores e interessados em Astronomia, Ciência e Tecnologia, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Quantidade de presenças por evento

Eventos	Tempo (h)	Público presente	
		Confirmado	Estimado
VI JASTRO	3+3=6	29	-
I Encontro MPASTRO (Antares)	4	50	-
II SENAMEPRAE	0,5+4=4,5	21	-
Feira de Ciências Colégio Estadual Teotônio Vilela	3	-	30
Colégio Modelo Estadual L. E. Magalhães	3	-	20
Educação Ambiental Bahia Marina	3	19	-
Escola Municipal J. P. Vasconcelos	3	-	20
Colégio Estadual Juiz Jorge Farias Góes	3	19	-
X Curso Básico de Astronomia (Antares)	0,5+0,5=1	-	100
I Jornada de Astronomia do CIEAC	3	3	-
XX Semana de Física da UEFS	2	17	-
TOTAL	35,5	158	170

Os acessos ao sítio *www.radioastronomia.pro.br* ainda não foram considerados porque no momento em que este levantamento foi realizado, os Produtos Educacionais ainda não estavam publicados.

No quinto parâmetro, além da percepção de boa receptividade dos produtos pelos estudantes e professores, consideramos as avaliações dos produtos realizadas por professores e estudantes, realizadas no II Senameprae e na XX Semana de Física da UEFS. No II Senameprae, foram 21 professores que participaram de exposição oral sobre o desenvolvimento dos Produtos Educacionais. A partir da sua opinião, após a apresentação, constatamos a avaliação positiva.

Solicitamos que atribuíssem valor 1 para “discordo totalmente” e 5 para “concordo totalmente” às afirmações: “Gostei dos Produtos Educacionais exibidos” e “Utilizaria algum Produto Educacional em minhas aulas”, conforme Gráfico 1.

Analisando respostas à afirmação “Gostei dos Produtos Educacionais exibidos”: um professor atribuiu valor 2 à afirmação (e o justificou em função do curto tempo disponível às apresentações); sete professores atribuíram valor 4 e onze, valor 5, representando uma boa aceitação dos produtos propostos.



Gráfico 1 – Aceitação da proposta dos Produtos educacionais por professores (1)

Para a afirmação “Utilizaria algum Produto Educacional em minhas aulas”, quatro professores atribuíram valor 3 à afirmativa, um atribuiu valor 4 e quatorze responderam com valor 5. Dois professores não responderam, conforme Gráfico 2.

Oito professores anotaram espontaneamente que utilizariam alguns dos produtos apresentados, dois relataram precisar de mais tempo para analisá-los. Considerando as notas 4 e 5, nos dois gráficos, os produtos tiveram boa aceitação pelos professores. A nota ligeiramente mais baixa do segundo gráfico em relação ao primeiro pode estar relacionada ao pouco tempo para avaliar cada produto.

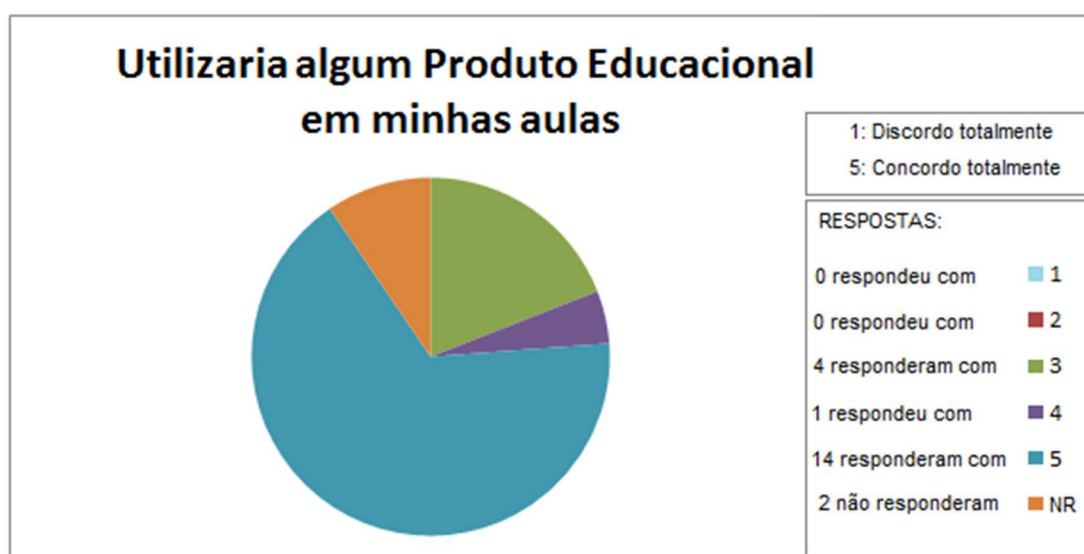


Gráfico 2 – Expectativa de utilização dos Produtos Educacionais por professores (2)

Os estudantes da XX Semana de Física da UEFS, por sua vez, avaliaram os produtos atribuindo notas de 1 a 10, conforme Gráfico 3. A nota média dos produtos foi 9,7. Os produtos com a menor nota foram o Rádio de Galena Adaptado (um estudante anotou a observação “sem uso prático”) e o sítio, cujo tempo de exposição foi pequeno. O Simulador RCFM não foi apresentado.

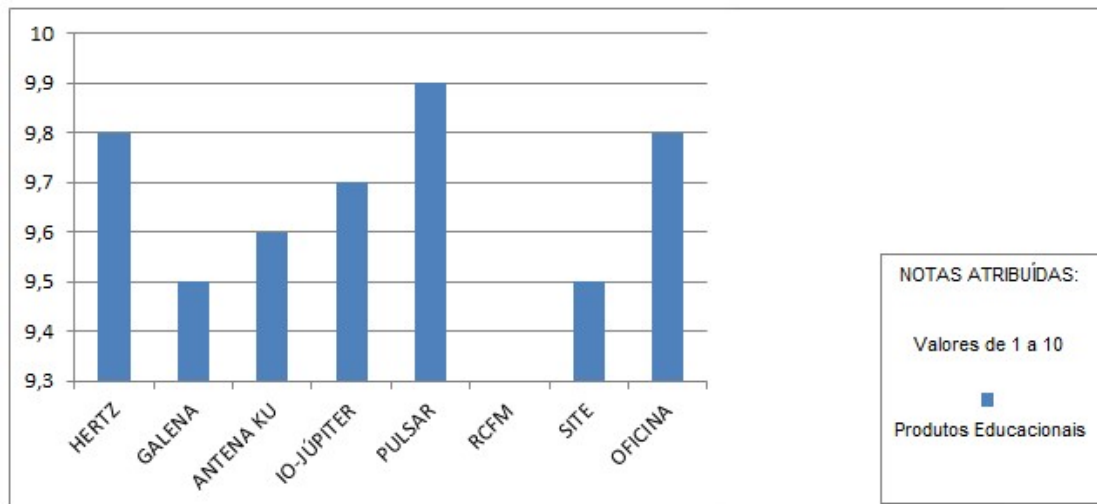


Gráfico 3 – Avaliação dos Produtos Educacionais pelos estudantes

Em termos numéricos, as avaliações positivas dos professores e estudantes corroboram a qualificação positiva percebida durante os dois anos de desenvolvimento, testes, adaptações e aplicação dos produtos, fornecendo subsídios para as considerações finais do trabalho.

CAPÍTULO 8

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Este trabalho nasceu da necessidade de contribuir com os processos de ensino e aprendizagem, em especial nas escolas públicas, para os estudantes do Nível Médio, com a Astronomia e a Radioastronomia constituindo uma temática que se complementa, conferindo sentido histórico aos conteúdos específicos da Física, integrando-os a outros conteúdos, valorizando sua aplicação. Ao mesmo tempo é uma oportunidade de aliar o interesse pelos conhecimentos da Astronomia a conhecimentos da Física que fascinam e podem intimidar por sua complexidade. O entendimento dos fenômenos nos permitiu alcançar um patamar de desenvolvimento tecnológico sem precedentes na História. É uma ciência que cada vez mais nos aproxima do Cosmos, seja por meio da análise das ondas que perpassam nosso planeta, como as recém-descobertas ondas gravitacionais, captadas pelos interferômetros dos observatórios LIGO¹⁴⁷ e VIRGO¹⁴⁸, ou as eletromagnéticas clássicas, que continuam notabilizando-se por fornecer evidências da realidade tão estranha, quanto da fusão de estrelas de nêutrons a milhões de anos-luz!

No meio acadêmico, a concretude que o Espaço Sideral possui é atestada nas evidências, como as citadas, que talvez sejam assimiladas como algo muito vago e distante do público leigo. Ao levarmos mais elementos da Astronomia para o Ensino Médio, reduziremos a distância entre o senso comum e o conhecimento com bases científicas. Outro elemento de concretude quando mencionamos o Cosmos poderá ocorrer ao se aproximar o tempo em que os voos espaciais de baixo custo farão parte do cotidiano: logo nos daremos conta de que a Terra também é um objeto cósmico, quando for rotina vê-la do Espaço. Até lá, no entanto, há muito a ser melhorado em aspectos locais como o trato que se dá ao planeta e sua biosfera, o que inclui a perspectiva do cuidado com o próximo, donde surge a preocupação para que deixemos um legado de contribuições positivas às próximas gerações.

A parcela de contribuição pode ocorrer pela via da Educação. Não há necessidade de estabelecer uma dicotomia entre pesquisa espacial que, de fato, requer altos investimentos financeiros, e os gastos com Educação. Como entusiastas da Astronomia, da Ciência e Tecnologia, reconhecemos que aspectos éticos podem ser

¹⁴⁷ *Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory* - LIGO: <<https://www.ligo.caltech.edu/>>.

¹⁴⁸ *Interferometric gravitational-wave antenna*, VIRGO: <<http://www.virgo-gw.eu/#about>>.

balizas para que o desenvolvimento não seja a qualquer custo. A Educação é um dos caminhos para descortinarmos as possibilidades de desenvolvimento futuro como a expansão da humanidade para uma civilização multiplanetária, quando sonhamos alto. Ou, reconhecendo as precariedades locais e globais, de, ao menos, sermos capazes de compreender o repositório de conhecimentos que nos faz uma civilização, assegurando a sua manutenção.

Reconhecemos que o quadro é vasto e complexo, uma gota perante um oceano, que nos impulsiona a realizar algo em nossa realidade local. Quando o horizonte nos sinaliza com mudanças tecnológicas que impactam no cotidiano, "aprender a aprender", tal qual o título de um livro de Novak que referencia este trabalho, é uma contribuição significativa para que alguma autonomia exista e persista como recurso quando o estudante deixar a escola.

Nos defrontamos, então, com os indicadores de desempenho em Ciências dos estudantes brasileiros, que são insatisfatórios e apontam problemas estruturais do nosso sistema educacional. Para mudar o quadro é que tantos professores se empenham em diversificar os recursos didáticos. Buscam estratégias que lhes inspirem e tenham com o que incrementar as aulas, numa tentativa constante de conferir sentido aos conteúdos, especialmente os da Física. Não é surpresa que tais conhecimentos das Ciências Naturais estejam plenos de significado, mas por diversos motivos, são personificados como "assuntos difíceis", "inúteis", "coisas de *nerd*" etc. É necessário desmistificar tais percepções não incentivando a aprendizagem puramente mecânica, enriquecendo as aulas, fazendo os estudantes descobrirem o sentido das pesquisas científicas em seus cotidianos.

As atividades que propomos são, reconhecemos, mais uma tentativa de oferecer sentido por meio da construção de artefatos para que os estudantes realizem o que, de algum modo, está no campo das ideias (nos livros ou na *Internet*). Entretanto, até mesmo as atividades práticas podem perder o caráter de promoção de aprendizagens significativas caso sejam meras repetições de passo a passo construtivo. Por isso, nos cercamos de pesquisas bibliográficas que nos fizessem pensar em aspectos da ciência, seja pelo viés mais crítico, como o oferecido por Bunge, seja pela busca de suporte na aprendizagem significativa de Ausubel, em sua aplicação prática, com as estratégias de Novak e Gowin.

Ao mesmo tempo, foi se delineando outra via de entendimento do próprio trabalho, que pode servir de incentivo para outros professores: para que eles considerem

ir a campo mergulhar em algum projeto que se reverta em melhorias para o ensino em sua esfera de atuação. São ações localizadas que devem ser documentadas e publicadas para servirem de referência a outros profissionais da Educação. Pode haver inúmeras dificuldades, de ordem material, de falta de tempo, falta de disposição física, falta de apoio da escola, de ordem pessoal. Entretanto, o trabalho em campo confere a legitimidade da vivência. É uma forma de realizar-se profissionalmente, encontrar sentido naquilo que realizar, expandindo os saberes adquiridos para os estudantes e mobilizando outros tantos profissionais. Estas ações repercutirão nas aulas, ao menos transformando algumas delas em eventos que incorporarão dinâmicas como as que são empregadas em vários países com as metodologias voltadas à STEAM, que, por seu caráter de “pôr as mãos na massa”, são afinadas com a adoção dos Produtos Educacionais propostos.

Para a composição dos Produtos Educacionais, o estudo convergiu para o eletromagnetismo, com o protagonismo de Júpiter, do Sol, dos Pulsares e da RCFM. O primeiro radiotelescópio experimental imaginado replicava o uso de antena de 0,6 m da Banda Ku, com muitos exemplos na *Internet*, e observações circunscritas ao Sol. Depois, ao efetuar experimentos em campo com o kit do *Inspire Project*, a intenção era perceber a Terra como objeto celeste emissor de rádio, revelada nas emissões de VLF. Com o outro kit, o *Radio Jove*, emergiram Júpiter, o Sol (eventualmente a Via Láctea) e consolidaram o primeiro passo que um radioastrônomo amador pode avançar. E a RCFM surgiu de uma atividade no MPAstro.

A busca da apropriação de uma técnica observacional, com algumas limitações de recursos, de tempo etc., confere sentido e assimilação de um novo saber, o mínimo possível, para levar aos estudantes as propostas de trabalho consolidadas nos Produtos Educacionais. Para cada protótipo de produto que foi montado, diversos conteúdos foram se aglutinando, com o eletromagnetismo sendo o elemento comum. A liberdade do professor e dos estudantes no exercício da criatividade pressupõe seu poder de aproveitar as ideias propostas e reconfigurá-las de acordo com as suas necessidades, tornando, eventualmente, algum conteúdo mais predominante que outros.

Os conteúdos estão esquematizados nos livros didáticos, neles podemos encontrar os pretextos para mobilizar a utilização dos Produtos Educacionais. A prática didática não precisa ser dependente deles, mas em suas páginas pode estar o estímulo a pesquisas mais aprofundadas em outras fontes reconhecidas de informações.

Na transição entre as informações sobre a Radioastronomia e o que podemos promover em termos de aprendizagem, buscamos autores que, com a Aprendizagem Significativa, fornecessem suporte ao entendimento dos processos cognitivos e recursos para ajudar ao professor no processo de diagnóstico e avaliação, bem como ao estudante, no seu processo de apreensão dos conceitos. Com o intuito de transformar algumas aulas em momentos de experimentação, há também a intenção de que os produtos propostos não sejam somente replicados, que sejam repensados, adaptados a cada realidade escolar, com a criatividade dos professores e estudantes. Para a avaliação do professor, dois instrumentos propostos: os Mapas Conceituais e os Diagramas Heurísticos em Vê. Ao pensarmos na aprendizagem significativa versus memorização, entendemos que os produtos são materiais potencialmente significativos juntamente às ideias em torno deles, que tenham significados lógicos e afetivos, com a promoção da predisposição para aprender.

Durante os testes dos produtos em campo, a utilização de alguns recursos pedagógicos não pôde ser plenamente aplicada nos eventos nas escolas, conforme a metodologia proposta, pois sempre houve limitação de tempo e de domínio dos espaços escolares em que as atividades foram realizadas. A necessidade de conhecer e reconhecer os estudantes, estabelecendo um mínimo de empatia, conhecer o funcionamento e as regras de cada espaço onde as oficinas eram realizadas demandava tempo de adaptação e de organização dos materiais que era subtraído do que se dispunha inicialmente para aplicar as atividades.

Entretanto, descontadas as idiosincrasias inerentes às escolas públicas com estudantes do segundo grau, a receptividade dos produtos sempre foi positiva e nos Mapas Conceituais realizados, foi possível perceber seu potencial para revelar, ao professor e ao estudante, o nível em que se encontra a organização do que se sabe, ou se pensa saber, permitindo o confronto dos diversos saberes em busca do conhecimento validado pela Ciência. Quanto ao uso dos Diagramas em Vê, também por falta de tempo, sua utilização careceu de maior foco em cada atividade realizada, mas os diagramas guardam a propriedade de organizar o pensamento na investigação dos experimentos, o que deve ser aprofundado pelo professor. Tanto os Mapas Conceituais quanto os diagramas em Vê abrem perspectivas para novos estudos que possam dimensionar com mais objetividade a sua eficácia para a aprendizagem significativa dos conteúdos em questão.

Poderíamos ter optado por propor um único Produto Educacional, como o Experimento de Hertz, por exemplo, que, de fato, pode ser tema de outra dissertação. Por outro lado, do mesmo modo que a Radioastronomia nos revela o Universo escondido, precisamos revelar a Radioastronomia aos estudantes. Uma maneira de fazê-lo foi elaborar o máximo de artefatos que pudemos criar em dois anos de mestrado, como primeiro passo para a divulgação dessa vertente da Astronomia, em cada um dos produtos: o Experimento de Hertz, o Rádio de Galena Adaptado, o Simulador de Io-Júpiter, o Simulador de Pulsar, o Radiotelescópio com Antena Banda Ku, o Simulador da Radiação Cósmica de Fundo em Micro-Ondas – RCFM. E para reuni-los, organizá-los e divulgá-los, o sítio *www.radioastronomia.pro.br* e a Oficina para Professores.

Com as incursões nos onze eventos de divulgação científica relatados, pudemos associar a vivência com os radiotelescópios experimentais aos estudos com as disciplinas do mestrado com a criação e aplicação dos Produtos Educacionais. Um processo de ajuste contínuo se formou, de modo que poderíamos até estabelecer uma analogia com o controle de ganho de um receptor de rádio: se os sinais de RF captados estão abaixo de certo limiar, há um circuito que aumenta o ganho de modo a permitir uma recepção mais estável. Analogamente, estabelecemos alguns parâmetros qualitativos para avaliação geral das atividades desenvolvidas, incluindo a percepção dos professores, estudantes e do pesquisador.

Desse modo, pudemos proceder à avaliação geral dos Produtos Educacionais e ações de divulgação científica, encontrando resposta positiva, pela percepção dos professores e estudantes, nas amostras que analisamos. Esta avaliação também é corroborada pela percepção positiva, mesmo quando alguma crítica transpareceu, a partir dos professores, como no II Senameprae e na Feira de Ciências do Colégio Teotônio Vilela (indagações quanto à complexidade de alguns produtos e ao tempo), o que conduziu a uma preocupação em sugerir versões simplificadas de alguns produtos ou reutilização de peças, como as do Rádio de Galena Adaptado aproveitadas no Simulador de Pulsar, por exemplo. Ou em avaliações decorrentes de observações dos estudantes, como, por exemplo, de que o Rádio de Galena Adaptado "não possui aplicação prática". O que, certamente, precisaria ser objeto de alguma reflexão numa aula subsequente (se fosse possível), para recordar a importância histórica que o experimento resgata, o que, por algum motivo não ficou evidente naquela oficina realizada, para aquele estudante.

Esperamos que este trabalho contribua, em seu conjunto, para motivar outros professores a adotarem abordagem semelhante aliando pesquisa bibliográfica, vivência em campo e a criação de Produtos Educacionais ligados a um tema específico, com as experiências corroborando ou não seu conhecimento teórico prévio, trazendo novos saberes e habilidades, dando-lhes mais elementos para propor trabalhos aos estudantes.

Levamos a mais de 300 pessoas, em diversas comunidades de ensino, formais e não formais, sementes de novos conhecimentos que, esperamos, tenham contribuído para que o ensino da Física possa contar com mais recursos pedagógicos, desmistificando o receio de quem não possui afinidade com a disciplina e encorajando aqueles que dela são adeptos a encontrarem realização pessoal e profissional.

Algumas perspectivas para a continuidade do trabalho: estudo da aplicação dos Produtos Educacionais por outros professores; manutenção e atualização da página da Internet; participação em mais eventos de divulgação científica; criação de grupos de estudos de Radioastronomia, interagindo com outras comunidades, nacionais e internacionais, com os mesmos interesses; realizar estudos de emissões VLF; aprofundar pesquisas com receptores SDR e plataforma Arduino; estudar o planejamento e construção de *cubesats*; viabilizar construção de radiotelescópio experimental para ensino e pesquisas na graduação.

Encerramos esta pesquisa com o panorama que a despertou: na imagem de um livro antigo, o ser humano que mira a aurora de um céu desconhecido e busca respostas. Saiu da caverna de onde contemplava muito pouco e partiu, primeiro, para agir em seu horizonte de eventos, ampliando-o.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, Z. **Radioastronomia**. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/17340942-Radioastronomia-zulema-abraham.html>>. Acesso em 08/12/2016.
- ALVES FILHO, J. P. **Atividades Experimentais: do Método à Prática Construtivista**. UFSC. Florianópolis. 2000. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/79015>>. Acesso em: 21/03/2017.
- ANGOTTI, J. A. P. **Conceitos unificadores e ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v1, 15, nºs 1 a 4. 1993. Disponível em: <<http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol15a20.pdf>>. Acesso em 30/03/2017.
- 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, vol. 25, nº. 2, Junho, 2003. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_176.pdf>. Acesso em 19/03/2017.
- ARRUDA, S. M., LABURÚ, C. E. **Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências**. Projeto RENOP. Disponível em: <<https://www.fc.unesp.br/Home/PosGraduacao/MestradoDoutorado/EducacaoparaaCiencia/revistacienciaeducacao/cen03a03.pdf>>. Acesso em 21/06/2017.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Plátano Edições Técnicas. Lisboa, 2003.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Contraponto. Rio de Janeiro, 2013.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edições 70. São Paulo, 2016.
- BIG EAR. **ABCs of SETI**. Disponível em <<http://www.bigear.org/seti.htm>>. Acesso em junho de 2017.
- BILLINGS, L. **Five Billion Years of Solitude: The Search for life among the stars**. Current. New York, 2013.
- BORGES, A. T. **Novos Rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, 2002. (Reeditado em v. 21, Edição Especial, nov. 2004). Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>>. Acesso em junho de 2017.
- BRASIL. Agência Nacional de Telecomunicações. **Resolução nº 617, de 19 de Junho de 2013**. Disponível em : <<http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2013/480-resolucao-617>>. Acesso em 14/07/2017.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>.

BRASIL. MEC. **Base Nacional Comum Curricular**. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>>. Acesso em 17/08/2017.

BRASIL. MEC. **Brasil no PISA: Análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros**. 2016. Disponível em <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015_completo_final_baixa.pdf>. Acesso em 08/10/2017.

BRASIL. **PCN Livro 08 Apresentação dos Temas Transversais Ética**. 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro081.pdf>>. Acesso em 30/03/2017.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília, 2000.

BRASIL. MEC. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Curriculares Nacionais**. Ciências da Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 20/06/2017.

BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. Perspectiva. São Paulo, 2013.

BURKE, B. F.; GRAHAM-SMITH, F. **An introduction to radio astronomy**. Second edition. Cambridge University Press. Cambridge, 2002.

BURNELL BELL, J. S. **Little Green Men, White Dwarfs or Pulsars?** Cosmic Search: Issue 1, (Volume 1 Number 1; January 1979). Disponível em: <<http://www.bigear.org/CSMO/PDF/CS01/cs01all.pdf>>. Acesso em 02/07/2017.

CAMPOS, A. **Viva vaia: poesia 1949-1979**. Ateliê Editorial. São Paulo, 2014.

CAPOZZOLI, U. **No Reino dos Astrônomos Cegos**. Record. Rio de Janeiro, 2005.

CHIBENI, S. S. **Algumas observações sobre o “método científico”**. Notas de aula. Departamento de Filosofia, IFCH, Unicamp, Brasil. 2006. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/metodocientifico.pdf>>. Acesso em 04/04/2017.

CARUSO, F.; OGURI, V. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. 2ª edição. LTC, Rio de Janeiro, 2016.

COBERN, W. W., et al. **The Pedagogy of Science Teaching Test**. 2013 ASQ Advancing the STEM Agenda Conference. 2013. Disponível em: <<http://rube.asq.org/edu/2013/04/problem-solving/the-pedagogy-of-science-teaching-test.pdf>>. Acesso em abril de 2017.

CONDON, J. J.; RANSOM, S. M. **Essential Radio Astronomy**. NRAO, Princeton University Press. Charlottesville, 2016.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, A. J.; PERNAMBUCO, M. M.. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. Cortez Editora. 4ª Edição. São Paulo, 2011.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral**. *Ciência & Educação*, v. 18, n. 1, p. 99-122, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132012000100007&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em 18/01/2017.

FACCINI, M. **Ciências Físicas e Naturais**. F. Briguiet & Cia Editores. Rio de Janeiro, 1940.

FAHIE, J. J. **A History of Wireless Telegraphy**. William Blackwood and Sons. Edinburgh and London. 1899. Disponível em <<https://ia800209.us.archive.org/8/items/historyofwireles00fahirich/historyofwireles00fahirich.pdf>>. Acesso em 07/09/2017.

FLAGG, R. S. **Listening to Jupiter. A guide for the amateur radio astronomer**. Second Edition. Radio-Sky Publishing. 2005.

GARCIA, L. N. **The Discovery of Jupiter Radio Waves**. Radio JOVE Educational Materials. Disponível em: <https://radiojove.gsfc.nasa.gov/education/lesson_plans/lesson_toc.htm>. Acesso em 10/09/2017.

GARRET, M. **Radio Telescope Front & Backend systems**. Radio Astronomy MSc. course (Leiden). Lecture 3 (of 8):, (ASTRON/Leiden). 2015. Disponível em: <https://www.strw.leidenuniv.nl/radioastronomy/lib/exe/fetch.php?media=radio_astronomy_lec_3_ma_garrett_2015.pdf>. Acesso em 14/07/2017.

GEORGE, S. J.; STEVENS, I. R. **Giant Metrewave Radio Telescope low-frequency observations of extrasolar planetary systems**. Disponível em: <<http://adsabs.harvard.edu/full/2007MNRAS.382..455G>>. Acesso em 16/06/2017.

GILLISPIE, C. C. **Dicionário de biografias científicas**. Contraponto, Rio de Janeiro, 2007.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física: Interação e Tecnologia**. Volume 3. Manual do Professor. Editora Leya, São Paulo, 2016.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física 3**. Manual do Professor. Editora Ática. São Paulo. 2014.

HERTZ, H. R. **Electric waves: researches on the propagation of electric action with finite velocity through space**. Macmillan and Co., London, 1893. Disponível em <<https://archive.org/details/electricwavesbe00jonegoog>>. Acesso em: 11/04/2016.

HEWISH, A. et. Al. **Observation of a rapidly pulsating radio source**. Nature, 1968, p. 709-713. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/32005350_Observation_of_a_Rapidly_Pulsating_Radio_Source>. Acesso em 11/04/2016.

HEY, J. S. **The Radio Universe**. Pergamon Press. Oxford, 1971.

ITU-R. **Recommendation ITU-R RA.314-10**. Preferred frequency bands for radio astronomical measurements. Disponível em: <https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/ra/R-REC-RA.314-10-200306-1!!PDF-E.pdf>. Acesso em 25/03/2017.

KELLERMANN, K. I. **Grote Reber's Observations on Cosmic Static**. Astrophysical Journal, Centennial Issue, Vol. 525C, p. 371-372. 1999. Disponível em <<http://adsabs.harvard.edu/full/1999ApJ...525C.371K>>. Acesso em 28/03/2017.

KRAUS, J. D. **Radio Astronomy** - 2nd edition. Library of Congress. University of New Hampshire Printing Services, 2005.

LABURÚ, C. E. **Fundamentos para um experimento cativante**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 23, n. 3: p. 382-404, dez. 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6268/12763>>. Acesso em 22/07/2017.

LASHLEY, J. **The radio sky: and how to observe it**. Springer. New York, 2010.

LEITE, C. et al. **O ensino de astronomia no Brasil colonial, os programas do Colégio Pedro II, os Parâmetros Curriculares Nacionais e a formação de professores**. In História da Astronomia no Brasil. Volume I. MATSUURA, O. T., org. Recife. Cepe. 2013.

LÉPINE, J. **Perspectivas na área de astronomia**, in Física: Tendências e Perspectivas. MARQUES, G. C., organizador. Livraria da Física Editora. São Paulo/SP. 2005. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_pt&id=NincLfvplMUC&oi=fnd&pg=PA75&dq=radioastronomia&ots=7096zcoZIW&sig=f-kCBCYtUvN4-KgqJU1ahaTuaCM#v=onepage&q=radioastronomia&f=false>. Acesso em 27/07/2017.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. 2ª Edição EPU. Rio de Janeiro, 2014.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7ª Edição. Editora Atlas S.A. São Paulo, 2010.

MARTIN, V. A. F., PEREIRA, M. G. **Sobre o mestrado profissional em astronomia da UEFS**. In Polyphonia v. 25/2, jul./dez. 2014. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/sv/article/viewFile/38564/19510>>. Acesso em 11/04/2017.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física Contexto & Aplicações**. Manual do Professor. Editora Scipione, São Paulo, 2014.

MAXWELL, J. C. **A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field**. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 1865 155, 459-512, published 1 January 1865.

MILLER, D. F. **Basics of Radio Astronomy for the Goldstone-Apple Valley Radio Telescope**. JPL. Pasadena, California, 1998.

MOREIRA, M. A; MASINI, E. F. S.. **Aprendizagem significativa – A teoria de David Ausubel**. Centauro. São Paulo, 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. PPGEnFis/IFUFRGS, Vol. 24, Nº 6, 2013. Disponível em: <http://50anos.if.ufrj.br/MinicursoMoreira_files/Moreira_APRENDIZAGEM_SIGNIFICATIVA_EM_MAPAS_CONCEITUAIS.pdf>. Acesso em 09/01/2017.

MOREIRA, M. A. **Diagramas V e Aprendizagem Significativa**. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/DIAGRAMASpor.pdf>. Acesso em 29/06/2017.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e Aprendizagem significativa**. Instituto de Física – UFRGS. 2012

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>>. Acesso em 29/03/2017.

NOVAK, J. D. **Uma Teoria de Educação**. Biblioteca Pioneira de Ciências Sociais. São Paulo, 1981.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender**. Plátano Edições Técnicas. Lisboa, 1984.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky e o processo de formação de conceitos**. In Piaget, Vygotsky, Wallon: Teorias psicogênicas em discussão. Summus Editorial. São Paulo. 1992.

PALFREY, J.; GASSER, U. **Nascidos na era digital: entendendo a primeira geração de nativos digitais**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

PARTNER. **Qué es el índice spectral?** Partnerama, Revista de Divulgación Científica Del Proyecto Partner, Madrid, n. 6, p. 10-11, 2009. Disponível em < http://hcr.cab.inta-csic.es/Upload/201002/PARTNeRama_6.pdf>. Acesso em 23/03/2017.

PARTNER. **Radioastronomía: Programa-guía**. Parte I. Orígenes de la Radioastronomía de Jansky a Reber. PG_RA_13. Disponível em < http://partner.cab.inta-csic.es/Upload/201309/PG_RA_13.pdf>. Acesso em 20/03/2017.

PARTNER. **Radiotelescopios: Programa-guía**. Actividades de presentación o introducción. PG_RT_13. Disponível em < PG_RT_13 >. Acesso em 23/03/2017.

PARTNER. **¿Un Radiotelescopio o un termómetro?** Partnerama, Revista de Divulgación Científica Del Proyecto Partner, Madrid, n. 5, p. 14-18, 2009. Disponível em <http://hcra.cab.inta-csic.es/Upload/201005/PARTNeRama_5.pdf>. Acesso em 23/03/2017.

POINCARÉ, H. **O valor da ciência.** Contraponto. 4ª Reimpressão. Rio de Janeiro, 2011.

PRIMO, A. **Interação mediada por computador: comunicação, cibercultura, cognição.** Editora Sulina. 2ª edição. Porto Alegre, 2007.

RADIO JOVE. **RF 2080 C/F - Calibrated Noise Source and Bandpass Filter.** RF Associates. 2010. Disponível em <https://radiojove.gsfc.nasa.gov/telescope/equipment_manuals.htm>. Acesso em junho de 2017.

RAUTIO, J. C. **The Long Road to Maxwell's Equations: How four enthusiasts helped bring the theory of electromagnetism to light.** In IEEE Spectrum, 01/12/2014. Disponível em: <<http://spectrum.ieee.org/telecom/wireless/the-long-road-to-maxwells-equations>>. Acesso em 02/05/2017.

ROSA, C. W.; ALVES FILHO, J. P. **Metacognição e as Atividades Experimentais em Física.** In: Revista Ensaio. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v15n1/1983-2117-epec-15-01-00095.pdf>>. Acesso em: 19/03/2017.

SANTOS, P. M.; MATSUURA, O. T. **A radioastronomia na aurora da modernização da astronomia brasileira,** in História da Astronomia no Brasil. Volume II. MATSUURA, O. T., org. Cepe. Recife, 2013.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. **Princípios de Física,** Volume 3: Eletromagnetismo. Trilha. São Paulo, 2014.

SILVA, G.; BARRADAS, O. **Telecomunicações: Sistemas de Radiovisibilidade.** Livros Técnicos e Científicos, Embratel. 2ª edição. Rio de Janeiro, 1978.

SOARES, M. **Letramento: um tema em três gêneros.** Autêntica. 4ª edição. Belo Horizonte. 2010.

TORRES, C. M. A. et al. **Física Ciência e Tecnologia.** Manual do Professor. Editora Moderna, São Paulo, 2013.

VAN DE HULST, H. G. **A Course in Radio Astronomy.** Notas de Aula. Leiden, 1951. Disponível em: <http://www.nrao.edu/archives/RACourses/vdhulst_1951_leiden_ra_course_notes.pdf>. Acesso em: 09/07/2017.

VIGOTSKI, L. S. **A Formação social da mente.** Martins Fontes. São Paulo, 2007.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e Linguagem.** Martins Fontes. São Paulo, 2013.

VILLELA, T.; FERREIRA, I.; WUENSCHÉ, C. A. **Cosmologia Observacional: a radiação cósmica de fundo em micro-ondas**. Revista USP, São Paulo, nº 62, p. 104-115, junho/agosto 2004. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/issue/view/1063>>. Acesso em: 08/09/2016.

WILSON, T. L.; ROHLFS, K. R.; HÜTTEMEISTER, S. **Tools of Radio Astronomy**. Springer, Sixth Edition. New York, 2013.

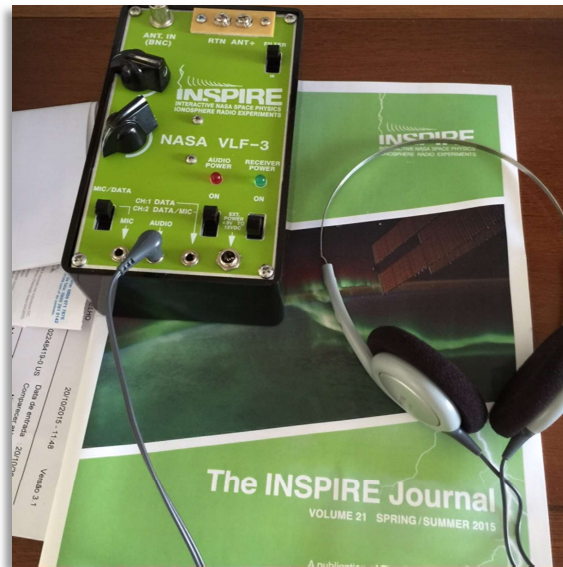
YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Bookman. 5ª edição. Porto Alegre, 2015.

ZARKA, P. **Radioastronomy and the Study of Exoplanets**. ASP Conference Series, Vol. 430, 2010. Disponível em : <<http://adsabs.harvard.edu/full/2010ASPC..430..175Z>>. Acesso em: 22/08/2017.

ZARKA, P. **Radio Emissions in the Solar system and from Extrasolar Planets**. Disponível em <<http://www.lesia.obspm.fr/perso/philippe-zarka/CoursPZ/UCL-course-PZ.pdf>>. Acesso em: 21/08/2017.

APÊNDICES

VLF INSPIRE – Receptor do *VLF Inspire Project* e publicação *Inspire Journal*.



Nos dias 23 e 24/10/2015 foram realizados testes breves, em campo, para avaliar o funcionamento do receptor *VLF Inspire* – especialmente em relação ao aterramento e à captação da interferência de 60 Hz da rede elétrica.

RADIO JOVE – Atividades em campo: Sessão de observação de Júpiter **26/03/2016 (à noite), Atividades previstas Io: 27/03/2016 – 00:10 às 03:14 (UT):**

Apêndice – Possibilidade de captação de Io-Júpiter



Fonte: Próprio autor, com uso dos softwares *Radio-Jupiter Pro* (1) e *Radio-SkyPipe* (2)

Exemplo das anotações realizadas na sessão de observação de rádio de 27/03/2016:

HORÁRIOS	EVENTOS	COMENTÁRIOS
20:30 (23:30 UT)	Início monitoração	Vol. 2div; Freq. 20.0 + 5 div Nível médio do ruído no gráfico: 5000div
21:03 (local)		Ajuste Freq. 20.0 + 4 div
21:05	Plug DC desconectado do notebook	-----
21:14 (00:14 UT)	Varredura de RF	-----
21:15 (00:15 UT)	Aumento no ruído	Variações na amplitude do ruído
21:25 (00:25 UT)	Ruídos (“crack”)	S-BURSTS(???)
21:27 (00:27 UT)	Ruídos	Io-Júpiter
21:30 (00:30 UT)	Varredura de RF	Ruídos, pulsos e zumbidos ao longo da faixa
21:43 (00:43 UT)	Ruídos aumentam e diminuem com sinais ritmados (baixos)	S-BURSTS(???)
21:53 (00:43 UT)	Ruídos	Interferência
22:02 (01:02 UT)	Ruídos	Interferência
22:12 (01:12 UT)	Interferência do notebook	Interferência
22:16 (01:16 UT)	Varredura de RF	(capta sinal de alguma portadora – intenso)
22:24 (01:24 UT)	Varredura de RF	Freq. 20.0 + 2 div
22:25 (01:25 UT)	Carregador do Notebook reconectado	Ruído sobe de 2500 para 4000
22:25 (01:25 UT)	S-BURSTS – notificação no e-mail	Em 24,5MHz (não é Radio Jove)
22:40 (01:40 UT)	Varredura de RF	Pulso intenso às 22:42
22:53 (01:53 UT)	Pulsos intensos	Intermitentes até 02:05 UT
23:12 (02:12 UT)	Interferência geladeira	Interferência
23:25 (02:25 UT)	Plug DC desconectado do notebook	Ruído cai de 3500 para 2000
23:31 (02:31 UT)	Varredura de RF	Até às 23:37 (02:37 UT)
23:37 (02:37 UT)	Varredura de RF	Descargas atmosféricas esporádicas
23:46 (02:46 UT)	Ruído sobe para 2500 div	Interferência (?)
23:50 (02:50 UT)	Sinal interferente	Ajuste Freq. 20.0 + 2 div
23:53 (02:53 UT)	Júpiter no limiar do lóbulo da antena	Final da sessão desta data

Havia probabilidade de os sinais captados das 21h25min às 21h43min (hora local) serem originados em Júpiter. Realizada varredura da radiofrequência para verificar o espalhamento do sinal na faixa, um indício de sinal Síncrotron/Cíclotron. A captura das telas dos *softwares* de previsão das emissões, *Radio-Jupiter Pro*, mostrando probabilidade em Io-B, e o de registro do sinal, com o *Radio-SkyPipe*, mostrando incremento de ruído, a partir de 00:31:18 (UT). A recepção não foi confirmada.

Eventos de divulgação científica

Painel VI Jastro

VI Jornada de Astronomia de Vitória da Conquista

RADIOTELESCÓPIOS EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NO NÍVEL MÉDIO

Marcelo Lago Araújo, Germano Pinho Guedes, Maurício Gerardo Pereira

Palavras-chave: radiotelescópios, eletromagnetismo, ensino médio, produtos educacionais

Resumo: Não é impossível que a algum ser inteligente superior todo o universo não passe de uma só planta, sendo a distância entre planta e planta como o passo de um grão de areia, e os espaços entre sistema e sistema semelhantes aos intervalos entre um grão e o adjacente.

Objetivo: Contribuir para o ensino-aprendizagem da Astronomia com o desenvolvimento e implementação de um sistema de radiotelescópios experimentais, com o objetivo de proporcionar ao ensino de Astronomia, recursos tecnológicos, com o desenvolvimento experimental.

Metodologia: Este trabalho tem como objetivo a construção de um sistema de radiotelescópios experimentais, com o objetivo de proporcionar ao ensino de Astronomia, recursos tecnológicos, com o desenvolvimento experimental.

Resultados e Discussão: Desenvolvimento de produtos educacionais: Experimento de Herzi, Rádio de Gama Alargado, Simulador de Pulsar.

Conclusão: Este é um projeto em andamento, que em conformidade com a metodologia adotada, apresentamos os resultados em campo (1), está em sua fase de desenvolvimento dos produtos educacionais (2). Este trabalho é um projeto em andamento, que em conformidade com a metodologia adotada, apresentamos os resultados em campo (1), está em sua fase de desenvolvimento dos produtos educacionais (2). Este trabalho é um projeto em andamento, que em conformidade com a metodologia adotada, apresentamos os resultados em campo (1), está em sua fase de desenvolvimento dos produtos educacionais (2).

PARA ALÉM DO ANO INTERNACIONAL DA ASTRONOMIA

QR CODE

Cartaz I Encontro Incentivo Vocação Científica

Pós-Graduação em Astronomia MESTRADO PROFISSIONAL UEFS

I ENCONTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DO MPAstro

A terceira turma do Mestrado Profissional em Astronomia da UEFS tem a honra de convidar os estudantes e professores desta instituição a participar do I Encontro de Divulgação Científica do MPAstro.

Local: Observatório Antares
Data: 23 de julho de 2017
Turno: Matutino
Início: 8:00
Término: 12:30

Sua presença é fundamental para a realização deste evento, portanto, contamos com sua presença!

Logos: UEFS, Observatório Antares, MPAstro

Fonte: 3ª Turma MPAstro

Fôlder I Encontro Incentivo Vocação Científica

PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA MESTRADO PROFISSIONAL UEFS

Prof. Dr. Germano Guedes
 Prof. Dr. Marilêo Pereira
 Mestrando: Marcelo Lago Araújo

AGRADECIMENTOS: Observatório Astronômico Antares, UEFS/DEMPASTRO

Faixa de Santana - julho/2016

ESTUDOS DAS EMISSÕES DE RÁDIO DO SOL E DE JÚPITER E ÍO

Localizado no Chile, a 5500m de altitude, é composto por 66 antenas, de aprox. 10m de diâmetro, cada.

APRESENTAÇÃO
 A radioastronomia utiliza as ondas de rádio para o estudo de estrelas, como o Sol, planetas, como Júpiter, pulsares (estrelas de nêutrons), quasares e o meio espacial, como as nuvens de matéria interestelar. O projeto educacional denominado RADIOJÓVE NACIONAL, desenvolve um set receptor de rádio e antena para a radioastronomia experimental, especialmente voltado às emissões de Júpiter e do Sol, que demonstramos neste Encontro.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO
 As ondas eletromagnéticas compreendem campos elétricos e magnéticos alternados que se propagam para fora da sua fonte à velocidade da luz (300.000 km/s no vácuo). Encontrado na faixa abaixo, a faixa do espectro eletromagnético que abrange os fenômenos de rádio. Observe as dimensões dos comprimentos de onda, a comparação com objetos e exemplos das fontes de emissão.

JÚPITER E ÍO
 Júpiter possui mais de 60 luas, uma delas, Ío, com muitos vulcões ativos que lançam partículas ionizadas em direção ao espaço. Estas partículas interagem com o forte campo magnético de Júpiter e neste processo denominado ciclotron, são geradas ondas de rádio que podemos captar na Terra. A figura abaixo ilustra um cone (caminho de emissão) cujo sinal poderia ser captado na Terra (Earth).

REFERÊNCIAS
 ALMA <http://www.alma-observatory.org/>
 CASPINE <http://www.caspiine.com.br/>
 PLANCK <http://www.esa.int/Planck>
 JUPITER RADIO CO GALLERY <http://super.konkai.edu/~radiojove>
 RADIOJÓVE NACIONAL <http://www.radiojove.org.br/>
 THE RADIO ANTHEM SINGER <http://www.radioantem.com/>
 THE RADIO JASTRO <http://www.radiojastro.com/>

Painel II Senameprae

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS EDUCACIONAIS PARA A RADIOASTRONOMIA EXPERIMENTAL NO NÍVEL MÉDIO

Marcelo Lago Araújo, Germano Pinho Guedes, Maurício Gerardo Pereira

II SEMINÁRIO NACIONAL DOS MESTRADOS PROFISSIONAIS DA ÁREA DE ENSINO "FORMAÇÃO PROFISSIONAL: DESAFIOS E CONQUISTAS"

07 a 09/08/2016, IATREC, Salvador/BA

"A RADIOASTRONOMIA REVELA O UNIVERSO ESCONDIDO"

A RADIOASTRONOMIA, O ESTUDO DOS OBJETOS CELESTES QUE EMITEM ONDAS DE RÁDIO, PERMITE CONHECERMOS MELHOR OS FENÔMENOS ASTRONÔMICOS DE MODO A COMPLEMENTAR AS OBSERVAÇÕES ÓPTICAS. MUITAS VEZES REVELANDO INFORMAÇÕES INACCESSÍVEIS NO ESPECTRO DO VÍSEL, POSSIBILITANDO DESCOBRIR UM UNIVERSO QUE ERA IGNORADO ATÉ 1931, QUANDO KARL JANSKY DESCOBRIU AS EMISSÕES DE RÁDIO DA VIA LÁCTEA.

ESTE PRODUTO EDUCACIONAL DE HERZ LEVA A SALA DE AULA UM DOS MOMENTOS DA HISTÓRIA DA FÍSICA QUANDO DA DEMONSTRAÇÃO DA EXISTÊNCIA DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS EM 1886, POR HENRICH HERZ, PREVISÃO DE MAXWELL E SEUS RESULTADOS EXPERIMENTAIS, PELO PROFESSOR.

O SIMULADOR DE PULSAR PERMITE EXPERIMENTAR A PARTIR DE CONTEÚDOS COMO A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA AO MESMO TEMPO EM QUE POSSIBILITA TRATAR A EVOLUÇÃO ESTRELAR E A RADIOASTRONOMIA, COM A DESCOBERTA DOS PULSARES POR JOSEPH HELLER E A FÍSICA MATEMÁTICA E AS FÓRMULAS DE EINSTEIN PARA A GRAVITAÇÃO GERAL, COM O EXEMPLO DE UM PULSAR COMO O SISTEMA DE COORDENADAS.

COM O SIMULADOR DE ÍO, PERMITE EXPERIMENTAR A PARTIR DE CONTEÚDOS COMO A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA AO MESMO TEMPO EM QUE POSSIBILITA TRATAR A EVOLUÇÃO ESTRELAR E A RADIOASTRONOMIA, COM A DESCOBERTA DOS PULSARES POR JOSEPH HELLER E A FÍSICA MATEMÁTICA E AS FÓRMULAS DE EINSTEIN PARA A GRAVITAÇÃO GERAL, COM O EXEMPLO DE UM PULSAR COMO O SISTEMA DE COORDENADAS.

AS ATIVIDADES DA RADIOASTRONOMIA EXPERIMENTAL ENVOLVEM OBSERVAÇÕES COMO AS FEITAS COM O KIT DO RECEPTOR RADIOJÓVE PROJETO PARA MONITORAR SINAIS DE JÚPITER E ÍO, MAS TAMBÉM QUANDO EM CONDIÇÕES FAVORÁVEIS, O ESTUDO DAS RADIOSSEMISSÕES DE JÚPITER AJUDA A COMPREENDER MELHOR AS EMISSÕES DA PRÓPRIA TERRA, E A INTERAÇÃO COM O SOL.

Fôlder O que fazer para entender a Radioastronomia

PRODUTOS EDUCACIONAIS
Exemplos de alguns Produtos Educacionais: o Experimento de Princ. o Rádio de Gama Atenuado, o Simulador de Pulsos para o ensino de Física com noções de Astronomia, em caráter interdisciplinar, para contextualizar as grandes descobertas científicas e aproximar os estudantes desse conhecimento.





PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS

Prof. Dr. Germano Guedes
Prof. Dr. Melissa Pereira

Maestros:
Marcelo Lago Araújo

Agradecimentos:
Colégio Estadual Juv. Jorge Faria Góes
Prof. Dr. Ana Viana Freitas Palm

UEFS/DFIS/MPASTRO
Feira de Santana - Maio/2017


http://www.radioastronomia.pro.br

O QUE FAZER PARA ENTENDER A RADIOASTRONOMIA?



Imagem: céu visto em ondas de rádio. Crédito: OCEANSCOPE

OFICINA:
O QUE FAZER PARA ENTENDER A RADIOASTRONOMIA?



ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

As ondas eletromagnéticas compreendem campos elétricos e magnéticos alternados que se propagam para fora da sua fonte a velocidade da luz (300.000 km/s, no vácuo). Encontre, na figura abaixo, a faixa do espectro eletromagnético que chamamos de "Ondas de Rádio". Observe as dimensões dos comprimentos de onda, a comparação com objetos e exemplos de fontes de emissão.



Atividade de diagrama disponível em: <http://bit.ly/1s3a3m7>

JÚPITER E IO

Júpiter possui mais de 60 satélites naturais, um deles é Io, com muitos vulcões ativos que lançam partículas em direção ao Espaço. Essas partículas interagem com o forte campo magnético de Júpiter e, neste processo, denominado "SICRISTOS", são geradas ondas de rádio que podemos captar na Terra.

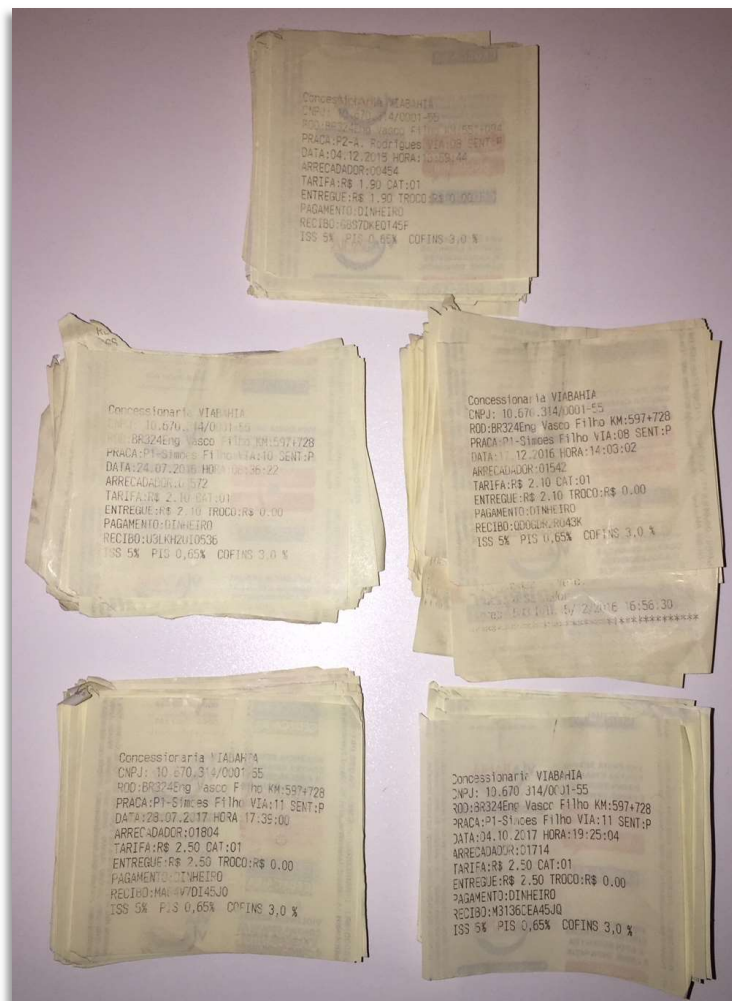
ANTENAS: RADIOASTRONOMIA
Abaixo, uma antena típica, com refletor parabólico: os sinais da fonte distante (asterisco) são refletidos pela grande área da antena, focalizados no alimentador, colimados, processados, armazenados e analisados.



REFERÊNCIAS

Autores: OCEANSCOPE
FUND. N. O. www.radioastronomia.pro.br
QUALICONT: www.qualicon.com.br
REDACTO: www.redacto.com.br

Mais de 15.000 km entre Salvador e Feira de Santana. Após as aulas no MPASTRO, o tempo das viagens fomentava reflexões para a elaboração de Produtos Educacionais



Os Roteiros para os Produtos Educacionais constituem Apêndice impresso à parte, com 165 páginas, com o detalhamento de cada um dos Produtos Educacionais.

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



ROTEIROS DE CONSTRUÇÃO E DE EXPERIMENTOS

MARCELO LAGO ARAÚJO

Orientadores: Germano Pinto Guedes
Marildo Geraldete Pereira

RADIOASTRONOMIA



PRODUTOS EDUCACIONAIS

ANEXOS

Ilustração do livro Ciências Físicas e Naturais, FACCINI, 1940



Fonte: Autor não identificado

No Plano de Atribuição, Distribuição e Destinação de Radiofrequências - PDFFF¹⁴⁹, destacamos as frequências destinadas à Radioastronomia. Por exemplo: 74,600 MHz, 614,000 MHz, 1420,000 MHz. Percebe-se também um grande número de faixas acima de 70 GHz que podem ser usadas pela Radioastronomia, numa região do espectro ainda não tão congestionada como a das frequências mais baixas.

A Resolução nº 617¹⁵⁰, de 19 de Junho de 2013, aprova o Regulamento do Serviço Limitado Privado¹⁵¹, SLP, cuja definição é:

serviço de telecomunicações, de interesse restrito, explorado em âmbito nacional e internacional, no regime privado, destinado ao uso do próprio executante ou prestado a determinados grupos de usuários, selecionados pela prestadora mediante critérios por ela estabelecidos, e que abrange múltiplas aplicações, dentre elas comunicação de dados, de sinais de vídeo e áudio, de voz e de texto, bem como captação e transmissão de Dados Científicos relacionados à Exploração da Terra por Satélite, Auxílio à Meteorologia, Meteorologia por Satélite, Operação Espacial e Pesquisa Espacial. (BRASIL, 2013)

Para o SLP, muitas frequências são reservadas pela agência, mas a pesquisa espacial, aí incluída, é o que interessa neste estudo, especialmente o que se trata no Capítulo X da resolução, intitulado “Da Radioastronomia”:

Art. 53. A Radioastronomia, definida como sendo o ramo da astronomia com base na recepção de ondas eletromagnéticas de origem cósmica, independe de autorização para sua exploração.

§ 1º A prestadora deve comunicar previamente à Agência o início de suas atividades.

§ 2º As estações de radioastronomia são exclusivamente receptoras e independem de licença para funcionamento.

§ 3º As estações de radioastronomia que demandem proteção, por requerimento da entidade responsável pela estação, deverão ter seus dados cadastrados no Banco de Dados Técnicos e Administrativos da Anatel apenas para efeito de registro, devendo ser consideradas em futuras análises de interferências realizadas pela Agência. (BRASIL, 2013)

Ressalta-se, então, a não necessidade de licenciamento para as estações receptoras de radioastronomia, mantendo-se a necessidade de cadastro para proteção contra interferências, para o caso de instalações mantidas por instituições de pesquisa.

¹⁴⁹ Mais informações sobre o PDFFF: <<http://www.anatel.gov.br/setorregulado/atribuicao-destinacao-e-distribuicao-de-faixas>>.

¹⁵⁰ Resolução 617: <<http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2013/480-resolucao-617>>

¹⁵¹ SLP - <<http://www.anatel.gov.br/setorregulado/servico-limitado-privado>>

Eventos de divulgação científica

VI JORNADA DE ASTRONOMIA DE VITÓRIA DE CONQUISTA
27 a 29 de abril de 2016

Jornada de Astronomia

PALESTRAS, OFICINAS, MINICURSOS, TELESCÓPIOS, PLANETÁRIO

<http://physika.info/jastro>
astronomia.fba@gmail.com
facebook: astronomia.fba

OFICINA DE RADIOASTRONOMIA
"REVELANDO O UNIVERSO ESCONDIDO"

A astronomia é uma das mais antigas ciências e a radioastronomia uma das mais novas formas de entender o Cosmos.

Venha participar da oficina de radioastronomia, pensar sobre o seu lugar no Universo e ver o céu de uma nova maneira.

Data: 14 de dezembro (quarta-feira)
Local: Bahia Marina | Horário: 14h30

REALIZAÇÃO:

I JORNADA DE ASTRONOMIA DO CIEAC

Nesse evento discutiremos noções básicas de Astronomia. É com grande satisfação que convidamos os estudantes e professores desta instituição a participar da I Jornada de Astronomia do CIEAC.

OFICINAS PALESTRA PLANETÁRIO
DATA- 30/09/2017
HORÁRIO- 08:00 HS AS 12:00 HS

ORGANIZAÇÃO:
PROFA. MESTRANDA EM ENSINO DE ASTRONOMIA - BESSIA OLIVEIRA
PROF. MESTRE EM ENSINO DE ASTRONOMIA - JAMES CLOY
PROF. MESTRE EM ENSINO DE ASTRONOMIA - PAULO PORTELA
PROFA. MESTRE EM ENSINO DE ASTRONOMIA - TERCIA MOREIRA

CONVIDADOS:
PROF. DR. CARLOS ALBERTO DE LIMA RIBEIRO
PROF. DR. MARILDO GERARDES FERREIRA
PROF. ESPECIALISTA EM ASTRONOMIA - JOSÉ CARLOS SILVA DOS SANTOS
PROF. MESTRANDO EM ENSINO DE ASTRONOMIA - ALBERTO ALVES MOURIM FILHO
PROF. MESTRANDO EM ENSINO DE ASTRONOMIA - ANDRÉ BASTOS DA SILVA
PROF. MESTRE EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS - EDMUNDO ALVES DA SILVA
PROF. MESTRANDO EM ENSINO DE ASTRONOMIA - INÊS DE CAMPOS DOS SANTOS
PROF. MESTRANDO EM ENSINO DE ASTRONOMIA - JORGE LUIZ DA COSTA LOPES
PROF. MESTRANDO EM ENSINO DE ASTRONOMIA - MARCELO LUIZ RABELO
PROF. MESTRE EM ENSINO DE ASTRONOMIA - RODRIGO SANTA CRUZ FERREIRA

II SEMINÁRIO NACIONAL DOS MESTRADOS PROFISSIONAIS DA ÁREA DE ENSINO "FORMAÇÃO PROFISSIONAL: DESAFIOS E CONQUISTAS"
07 a 09/08/2016, IAT/SEC, Salvador/BA

PROGRAMAÇÃO GERAL

Dia 07/08/2016 - Domingo
Chegada dos participantes à Salvador.
16:00h - Reunião Comissão Organizadora no IAT
17:00 - 19:00h - Hall do IAT: Credenciamento

Dia 08/08/2016 - 2ª feira
08:00h - Hall do IAT: Credenciamento
09:00h - Abertura (Auditório 19)
Mesa: Diretor do IAT, Coordenadora do Evento.
09:30h-10:15h - Comunicações Orais (salas 7, 8 e 9)
10:15h - Intervalo
10:30h-12:00h - Comunicações Orais (salas 7, 8 e 9)
12:00h-14:00h - Intervalo Almoço
14:00h - 16:00h - Apresentação de Painéis e Mostra de Produtos Educacionais Hall do IAT
16:00h - Intervalo
16:30h-18:15h - Comunicações Orais (salas 7, 8 e 9)

Dia 09/08/2016 - 3ª feira
8:30h-10:45h - Comunicações Orais (salas 7, 8 e 9)
10:45h - Intervalo
11:00h-12:00h - (Auditório 19) - Palestra: "A pós-graduação stricto-sensu na Bahia a partir do Plano Estadual de Educação 2016-2025".
Palestrante: Mic. Nilson Pinheiro (UEFS-SEC).
12:00h-14:00h - Intervalo Almoço

14:00h (Auditório 19) - Mesa Redonda: "Formação Profissional: Desafios e Conquistas" - Dra. Tania Fischer (UFBA), Dr. Olival Freire (UFBA), Mic. Nilson Pinheiro (UEFS-SEC).
15:00h-16:00h - Apresentação de painéis e Mostra de Produtos Educacionais Hall do IAT
16:00h - Intervalo
16:30h - 17:45h - Comunicações Orais (salas 7, 8 e 9)
17:45h-18:15h - Plenária e Encerramento- Auditório 19: Avaliação do II SENAMEPRAE e Planejamento do III SENAMEPRAE - Coordenação: Dra. Vera Maria (UEFS).

FEIRA DE CIÊNCIAS DO COLÉGIO ESTADUAL TEOTÔNIO VILELA
Feira de Santana - BA
31/08/2016 - Turno Vespertino

Os gigantes da divulgação científica já confirmaram presença: Hipátia de Alexandria, Galileu Galilei, Johannes Kepler, Isaac Newton, Albert Einstein e Carl Sagan. Falta você!

X CURSO BÁSICO DE ASTRONOMIA

PALESTRAS OBSERVAÇÃO DO CÉU OFICINAS PLATÁRIO MINICURSOS

VALOR DA INSCRIÇÃO: R\$ 10,00 (KID DE FEIJÃO, APROX. AGUCAR OU LEITE) (ACEITAMOS TAMBÉM AGASALHOS E RÓMPAS)

INSCRIÇÕES DE 22 A 26 DE MAIO 2017 NOS SITES:
WWW.UFES.BR
WWW.ACORDACIDADE.COM.BR
CAIFONLINE.COM.BR

PERÍODO DO CURSO: DE 05 A 10 DE JUNHO DE 2017
LOCAL: AUDITÓRIO DO OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES
END. RUA DA BARRA, 925 JARDIM CRUZEIRO - FEIRA DE SANTANA - BA

A carga horária é de 20 horas, vagas limitadas (100).
Data de realização do curso: de segunda à sexta-feira das 18:30 às 21:30h e no sábado das 08:00 às 13:00h.

PARTICIPE

APÓIO:

REALIZAÇÃO:

XX SEMANA FÍSICA

A Física na Princesa do Sertão DO PASSADO presente FUTURO

<http://dfs.ufes.br/sf/fisica2017/index.php>

04, 05 e 06 outubro

Realização: