

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
LICENCIATURA EM FÍSICA

USO DE CONCEITOS DE ASTRONOMIA COMO FERRAMENTA
DIDÁTICA NO ENSINO DE ELETRICIDADE

LARISSA VASCONCELLOS COSTA NUNES

Rodrigo de Sousa Gonçalves

Seropédica - 2024

LARISSA VASCONCELLOS COSTA NUNES

USO DE CONCEITOS DE ASTRONOMIA COMO FERRAMENTA
DIDÁTICA NO ENSINO DE ELETRICIDADE

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em
Física da UFRRJ, como requisito parcial para a
obtenção do título de Licenciada em Física.

Seropédica - 2024

LARISSA VASCONCELLOS COSTA NUNES


USO DE CONCEITOS DE ASTRONOMIA COMO FERRAMENTA
DIDÁTICA NO ENSINO DE ELETRICIDADE

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Física da UFRRJ, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Licenciada em Física.


Orientador: Prof. Dr. RODRIGO DE SOUSA GONÇALVES

Aprovada em: 13 de junho de 2024


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO DE SOUSA GONÇALVES**
Data: 13/06/2024 11:39:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo de Sousa Gonçalves

Documento assinado digitalmente
 **MAURICIO COUGO DOS SANTOS**
Data: 13/06/2024 19:44:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Maurício Cougo dos Santos

Documento assinado digitalmente
 **VINICIUS MUNHOZ FRAGA**
Data: 13/06/2024 17:33:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Vinicius Munhoz Fraga

SEROPÉDICA, 2024

"A imaginação muitas vezes nos
leva a mundos que nunca sequer
existiram. Mas sem ela não vamos
a lugar algum."

Carl Sagan

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me capacitado a chegar até aqui. À minha família, meus mais sinceros agradecimentos por tudo aquilo que fizeram e fazem por mim. Em especial, minha mãe Patrícia, meu pai Marcos, meu irmão Fernando e minha avó Galvina. Aos meus amigos e professores do CEFET/RJ-NI que foram de extrema importância para minha formação no ensino médio e para a minha escolha em seguir na carreira docente. Obrigada aos meus companheiros de jornada da Rural, que fizeram com que o processo de formação fosse mais agradável. Ao meu orientador Rodrigo, agradeço imensamente desde as aulas no ciclo básico, no meio de uma pandemia, até o aceite em me orientar neste projeto. Meu muito obrigada aos professores que estiveram presentes durante a graduação e que contribuíram com a minha formação. Por fim, agradeço a todos aqueles que participaram direta ou indiretamente da minha vida acadêmica e/ou pessoal durante esse longo percurso.

Resumo

O presente trabalho tem como finalidade a apresentação de uma atividade relacionada à astronomia para alunos do ensino médio. Através desses conceitos astronômicos buscou-se explicar alguns dos conteúdos existentes no currículo escolar de física da etapa de ensino mencionada. Para isso, foram utilizadas as ideias da transposição didática. A partir das informações obtidas, foi possível fazer uma análise qualitativa da atividade proposta, bem como uma reflexão acerca da possibilidade de ensinar conteúdos de nível superior de ensino para a educação básica.

Palavras-chave: Física; Astronomia; Ensino Médio; Transposição Didática.

Sumário

1	Introdução	3
2	Transposição Didática	7
2.1	Paradigma teórico: O que é uma transposição didática	7
2.2	Aplicação na Residência Pedagógica	11
2.3	Estrutura e conteúdo da aplicação	12
3	Tema 1: Campo elétrico do Sol	17
3.1	Desenvolvimento do material	17
3.2	Aplicação e Resultados	19
4	Tema 2: Radioastronomia	27
4.1	Desenvolvimento do material	27
4.2	Aplicação e Resultados	29
5	Conclusões e Perspectivas	39
	Referências Bibliográficas	40
	Apêndice A	47
	Apêndice B	53

Lista de Figuras

2.1	Triângulo Didático	10
2.2	Alunos respondendo questionário	15
3.1	Slide dos objetos astronômicos	20
3.2	Slide do campo elétrico do Sol	22
4.1	Slide do espectro eletromagnético	31
4.2	Slides com exemplos de radiotelescópios	34

Lista de Tabelas

3.1	Respostas fornecidas pelos discentes para a primeira pergunta sobre o tema campo elétrico solar.	24
3.2	Respostas fornecidas pelos discentes para a segunda pergunta sobre o tema campo elétrico solar.	25
4.1	Respostas fornecidas pelos discentes para a primeira pergunta sobre o tema radioastronomia.	36
4.2	Respostas fornecidas pelos discentes para a segunda pergunta sobre o tema radioastronomia.	37

Capítulo 1

Introdução

Sabe-se que, desde o início da história da humanidade, o ato de ensinar é algo indispensável, fazendo com que o desenvolvimento humano esteja totalmente atrelado à educação. Com isto, aquilo que gira em torno da educação está sempre ligado ao momento histórico e local geográfico. Um exemplo é o povo greco-romano, onde havia uma classe de pessoas com tempo ocioso, que para ocupá-lo foram sendo criados modelos do que hoje conhecemos como as escolas. Estas visavam a formação de um cidadão completo, que possuisse uma clara visão de mundo, que atendesse aos interesses da sociedade em que fazia parte, sobretudo no que se refere às funções políticas.

Dentro do contexto de conhecimentos que evoluem em paralelo à humanidade, a Astronomia também é estudada há muito tempo. Existem indícios históricos já na pré-história de povos antigos que faziam observações astronômicas, bem como a criação de artefatos que pudessem ser utilizados para observação dos fenômenos astronômicos, fazendo com que essa seja uma das ciências mais antigas da humanidade (MARTINS; BUFFON; NEVES, 2019). Como é o caso, por exemplo, de observações chinesas que contêm o primeiro registro de um eclipse solar, assim como foram capazes de diferenciar planetas e estrelas apenas através dos diferentes movimentos realizados por esses corpos celestes, inclusive para fins de datação. Além desta, também podemos citar a astronomia mesopotâmica, que conseguiu atribuir relações matemáticas para as posições de planetas, Lua, constelações e até estações do ano. Outra civilização que teve importante desenvolvimento na astronomia é a egípcia,

em que foram elaborados calendários - já com o ano dividido em 12 meses de 30 dias - e utilizaram a variação do comprimento de sombras do Sol para a determinação das horas do dia.

Apesar dos conteúdos desenvolvidos por estes povos serem relevantes, vale mencionar que, em períodos antigos, esse conhecimento era utilizado na associação de corpos celestes a deuses e semideuses de mitologias. Deste modo, do ponto de vista científico, este e outros campos de conhecimento se alteraram com o tempo, e junto a isso o modo como tais conteúdos são transmitidos também se modificaram. Em paralelo, também vale mencionar que a velocidade e alcance da informação sofreu mudanças ao longo do tempo. Assim, o que antigamente era transmitido de forma somente verbal, posteriormente tomou a forma escrita, mas restrita a pequenos grupos, e hoje em dia há uma enorme difusão, e o conhecimento pode ser alcançado em diversas fontes de informação. Todo este contexto forma a base da vida acadêmica atual, regularizada e formalizada nas instituições de ensino.

Embora de extrema importância, o ensino regular não é visto de forma atraente por parte dos alunos da educação básica por diversos fatores, dentre eles a maneira como é ensinado, a organização dos conteúdos e até a falta de estrutura escolar. De acordo com LIBÂNEO (2007), nos dias atuais, o aluno tem contato com informações das mais variadas fontes, não mais somente na escola. Isso nos mostra que a escola precisa fazer a síntese do conteúdo formal com a prática experimental e cotidiana. Portanto, há a necessidade do professor tornar o processo de ensinar algo positivo e que desperte vontade nesses jovens estudantes. Além, é claro, de não esquecer que cada aluno possui seus gostos, particularidades e afinidades com determinados conteúdos/áreas. Sendo possível trazer para a discussão outros paradigmas teóricos através de, por exemplo, metodologias ativas. Como destacado por Moran:

Um bom professor pode enriquecer materiais prontos com metodologias ativas: pesquisa, aula invertida, integração sala de aula e atividades online, projetos integradores e jogos. De qualquer forma esses modelos precisam também evoluir para incorporar propostas mais centradas no aluno, na colaboração e personalização. (MORAN, 2015, p. 23)

Para que este conhecimento seja difundido, a estrutura acadêmica atual, no Brasil, é dividida em Ensino Básico e Superior, com o conhecimento do primeiro

advindo do segundo. Entre as instâncias de Ensino Superior, o presente trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em específico no Departamento de Física (DEFIS), parte do Instituto de Ciências Exatas (ICE). O DEFIS conta com diversos trabalhos relacionados ao ensino, bem como de áreas de pesquisa em Física básica e aplicada. Dentre estas possibilidades, o trabalho a ser apresentado a seguir traz um novo formato de abordagem, tendo como objetivo a integração, através de um processo de transposição do conhecimento, de conteúdos do ensino médio (Básico) com assuntos de nível de graduação em Astronomia (Superior). Nesse caso, temas de Astronomia voltados para o nosso Sistema Solar e o funcionamento de equipamentos cosmológicos. O intuito final é o de mostrar que é possível ensinar na educação básica assuntos mais complexos, que por vezes ficam restritos apenas à graduação.

Capítulo 2

Transposição Didática

2.1 Paradigma teórico: O que é uma transposição didática

A educação tem o papel social de transmitir o conhecimento, a fim de que a cultura, o contexto histórico-social, os erros e acertos sejam mantidos sempre presentes na memória da população. Para que haja o aprender, deve-se tornar o conhecimento em conhecimento apto, momento no qual o professor é o agente dessa transposição. Na visão de SAVIANI (1997), cabe ao professor o papel de trabalhar e auxiliar no processo de construção do conhecimento dos alunos, e, para isso, há a necessidade de dominar tanto os conhecimentos específicos quanto os processos através dos quais esses conhecimentos são desenvolvidos no interior da escola. De modo que tal procedimento realizado tenha como finalidade o processo de ensino-aprendizagem do aluno, buscando constantemente que esse aluno seja o ator principal desse processo, haja vista que a própria transitividade verbal do verbo "ensinar" nos diz que é preciso ensinar algo a alguém.

Para chegar ao conceito de transposição didática é preciso, antes, entender sobre os saberes e conhecimentos em que essa abordagem se baseia. O primeiro ponto a ser tratado é o da diferença entre o saber científico e o saber escolar, embora estejam diretamente relacionados. Isso porque o conhecimento científico surge em determinados lugares "específicos", é feito por uma comunidade acadêmica e a partir

das necessidades sociais esse conhecimento é modificado e se distancia para chegar até a sociedade comum, uma vez que, por diversos fatores, o conhecimento produzido é diferente daquele que é aprendido. Ou seja, para que o conhecimento científico seja o conhecimento escolar pode ser necessário que haja uma adaptação desses saberes. De acordo com Chevallard,

A transição do conhecimento considerado como uma ferramenta a ser utilizada, para o conhecimento como algo a ser ensinado e aprendido, é precisamente o que denominei de transposição didática do conhecimento. (CHEVALLARD, 1989, p.9)

A partir disso surgem os saberes que são de suma importância para essa teoria e são divididos em três: o saber sábio (*savoir savant*), saber a ensinar (*savoir à enseigner*) e saber ensinado (*savoir enseigné*). O saber sábio é entendido como o trabalho feito pelos cientistas e intelectuais, isto é, o dito saber científico. Ao serem finalizados esses trabalhos são publicados em revistas, periódicos, congressos e afins, para seus pares, seguindo uma linha bem sistematizada, contínua e que não demonstra as possíveis idas e vindas durante sua construção. O saber a ensinar é feito pelos autores de livros, manuais de ensino e afins, em que esses indivíduos utilizam o trabalho por parte dos cientistas de maneira organizada através de uma sequência lógica e linear dos conteúdos de forma a reorganizar o saber. É a etapa em que se transforma o saber sábio em "ensinável". Essa é uma das tarefas do professor quando vai preparar suas aulas, tendo como base esses materiais para que possa repassar o conteúdo aos alunos. O saber ensinado é o feito em sala de aula, portanto é o mais instável, já que depende de fatores que não podem ser controlados, tais como a recepção por parte dos estudantes, interação, o entendimento. Além de ser o produto final (material didático) preparado pelo professor. Quando expandimos esse pensamento para ciência, vemos que há uma preocupação em querer explicar os fenômenos e não os fatos. Uma amostra é a física estudando os fenômenos das quedas de corpos massivos e a medicina que não está preocupada com isso, e sim com as consequências de uma queda desse tipo na cabeça de um ser humano. Trata-se de um mesmo assunto comum, porém sendo visto a partir de outra perspectiva e a implementação da teoria da transposição didática aborda essas questões. No caso

da transposição didática na física, não bastaria apenas a explicação de como e por que as coisas caem e sim como as pessoas explicam a queda desses objetos.

Tendo sido feita a separação entre os tipos de saberes, pode-se estabelecer que a transposição didática passou a ser difundida através do francês CHEVALLARD (1991) visando explicar conceitos do campo científico para o entendimento no campo escolar, em particular na educação básica. De forma que um determinado conteúdo pudesse ser adaptado e fizesse parte da esfera escolar. Por exemplo, um dos estudos de caso dele é o conceito de distância, estudado desde a Grécia antiga e que passou por transformações até ser integrado à análise funcional já no século XX. Por isso o interesse dele em saber como os alunos da educação básica compreendiam essa ideia que é tão presente para o entendimento da matemática e demais áreas correlatas.

Segundo ASTOLFI (1997), algo de extrema importância para o saber ensinado é a necessidade de relacionar os conteúdos ensinados com a cultura e o cotidiano dos alunos - termo conhecido como prática social de referência. Isso para poder trazer para o ambiente escolar situações que façam parte de alguma forma da vida, sem que haja apenas exemplos desconexos e completamente fora da realidade daquele grupo. A transposição didática pode ser aplicada desde que siga determinadas regras, mesmo que essas ditas regras possam ser interpretadas de modos diferentes.

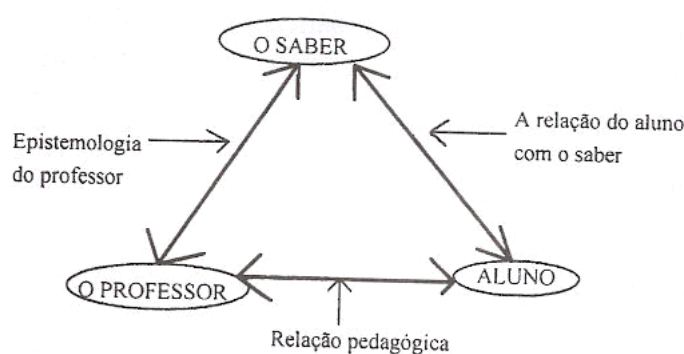
1. Modernizar o saber escolar
2. Atualizar o saber a ensinar
3. Articular o saber novo e o antigo
4. Transformar um saber em problemas
5. Tornar um conteúdo mais compreensível

À frente iremos detalhar e exemplificar como essas regras foram utilizadas na construção da atividade proposta e será possível ver na prática a implementação da transposição didática.

Chevallard considera que a transposição didática é feita por uma instituição "invisível", denominada por ele noosfera - entendido como o mundo das ideias e a esfera do pensamento humano. Para estudiosos do ensino, trata-se do local em

que são desenvolvidas orientações técnicas e metodológicas acerca do conhecimento e formada pelos cientistas e pesquisadores. Logo, esse saber científico passa pelas diversas transformações até que possa estar no ambiente escolar, não significando que essas mudanças sejam apenas retirar as partes ditas difíceis, e sim de fazer com que sejam assuntos entendíveis, descontextualizando e mediando a interação, com o professor sendo capaz de manter a relação didática entre o ensino e a aprendizagem. Algo semelhante é proposto por ALMOULOU (2007) em seu trabalho sobre a didática da matemática, que pode ser visto na figura 2.1.

Figura 2.1: Triângulo Didático



Fonte: (ALMOULOU, 2007)

Para terminar esta seção, vale notar que a teoria da transposição didática começou a ser modelada através de estudos de um matemático para mostrar como o ensino de distância entre dois pontos pode ser visto de maneira diferente para um matemático da antiga Grécia, para um contemporâneo ao nascimento da geometria analítica e para um aluno da educação básica. Ou ainda, como é possível fazer uma comparação entre a teoria dos conjuntos dos números ensinada no ensino fundamental com os paradoxos do infinito e de como os dois temas podem ser relacionados. Entretanto, podemos exemplificar a utilização da transposição didática em outras áreas como, por exemplo: o ensino de zoonoses na educação de jovens adultos - EJA (MAGNO; LEAO, 2022); análise textual discursiva a nível de graduação (OLIVEIRA, 2014); modelo interativo do ensino de citologia voltado para o ensino médio (NUNES, 2019), entre outros. Tendo isso em vista, especificaremos o campo de aplicação da transposição didática em que se insere a presente monografia.

2.2 Aplicação na Residência Pedagógica

Durante minha graduação em Licenciatura em Física na UFRRJ, participei do Programa de Residência Pedagógica onde tive a oportunidade de atuar em escolas de educação básica, para realizar o meu estágio. Neste contexto, foram observadas algumas características comuns dos estudantes inseridos nessas escolas, em especial percebendo-se as principais dúvidas acerca da física. Com isto este trabalho foi pensado para tentar suprir as possíveis lacunas deixadas por aulas regulares de física e para trazer uma nova abordagem para os conceitos já vistos.

Com relação ao desenvolvimento deste trabalho, desde seu início o intuito era o de desenvolver algum tipo de material e que este fosse aplicado em turmas de ensino médio. Para isso, realizei contato com dois colégios candidatos: Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) e o Colégio Técnico da Universidade Federal Rural (CTUR). Tal diálogo foi para entender o funcionamento dos currículos escolares e se seria viável a implementação do trabalho.

Nos dois casos as portas foram abertas para o projeto, mas, por uma questão de incompatibilidade de horários, a aplicação no CEFET/RJ não foi possível. Um outro ponto importante é que nesse colégio o estudo da eletricidade (que será descrito posteriormente) é realizado no segundo semestre letivo, fazendo com que ficasse difícil a ida da discente até a escola, além da logística da monografia. Com isto, a aplicação no colégio citado ficou como possibilidade para algum trabalho posterior.

Com relação ao CTUR, por se tratar de uma escola em que a discente já estava inserida através do Programa Residência Pedagógica, não houve dificuldade na comunicação, tanto entre o grupo de professores de Física, quanto os chefes da Divisão de Assuntos Pedagógicos, para a realização da atividade. Em razão de ser uma atividade extracurricular, esta aconteceu fora do horário de aula regular e os alunos foram avisados com antecedência, pessoalmente e via e-mail.

Nessa etapa do ensino, os alunos por muitas vezes não conseguem fazer o exercício de imaginação de algo que não podem ver ou tocar - como é o caso de campos e forças de ação à distância. Surgiu assim a ideia de trazer essas questões de forma mais concreta, através de exemplos mais atraentes e que pudessem atrair a atenção.

2.3 Estrutura e conteúdo da aplicação

A motivação inicial do presente trabalho foi o de apresentar os conceitos físicos de diferentes formas, unindo esses conceitos a assuntos que os alunos normalmente gostam. Para isto, desde o começo, o intuito foi o de utilizar a astronomia, pois não só permite a integração de conteúdos de diversas áreas, como também desperta curiosidade por parte dos alunos (LANGHI; NARDI, 2014). Ademais esse é um assunto previsto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) vigente no país e que direciona os conteúdos que devem ser ensinados, mesmo que, apesar disto, essa temática por várias vezes não esteja presente nas aulas. Adicionalmente, vale lembrar que o processo de ensino deve estimular o desejo e o gosto pelo estudo, mostrando assim a importância do conhecimento para a vida e o trabalho, como explorado nos estudos pertinentes (LIBÂNEO, 1994).

Ao acompanhar aulas dos três anos do ensino médio optou-se por trabalhar, em um primeiro momento, com os discentes do último ano, já que esses estariam se formando e seria interessante ver o que de conhecimento foi adquirido nos anos anteriores e o que poderia ser complementado. Tendo sido o ano escolar definido, foi necessário buscar o conteúdo em que essa atividade poderia ser desenvolvida. Tal escolha teve como base não só a BNCC, como também os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e o currículo da escola em que seria realizada a atividade, com este último podendo ser visto abaixo:

- Disciplinas do 3º ano - CTUR

- 1º bimestre

História da eletricidade e carga elétrica

Processos de eletrização

Lei de Coulomb

Campo elétrico

Linhas de força, condutor elétrico

- 2º bimestre

Potencial elétrico

Superfícies equipotenciais

Capacitores

Corrente elétrica

Resistência, lei de Ohm

Associação de resistores (em série)

- 3º bimestre

Associação de resistores (em paralelo)

Instrumentos elétricos de medida

Geradores elétricos

Potência

- 4º bimestre

Imãs

Campo magnético

Força magnética

Com isto, a análise dos conteúdos presentes no currículo do terceiro ano mostrou que o assunto a ser tratado seria eletricidade. Ainda, também foi interessante este assunto em específico, pois o mesmo se encontra na base de conteúdos analisados (ementa, BNCC e PCNs) e estes prevêem tanto o ensino de eletricidade quanto o de assuntos e fenômenos astronômicos.

Para a decisão final foi analisado qual conteúdo específico seria desenvolvido, e decidiu-se começar por eletrostática, com duas linhas que poderiam ser seguidas: campo elétrico ou potencial elétrico. A decisão foi a de trabalhar inicialmente com campo elétrico. Isto porque não é incomum ver os alunos do ensino médio com dificuldades em compreender conceitos mais abstratos, sobretudo objetos e fenômenos

de ação à distância. Deste modo, foi buscado justamente conceitos físicos de eletricidade que se encaixassem nesse grupo de conteúdos. Assim, uma vez que campo elétrico tende a ser uma parte em que há uma certa complexidade na compreensão por se tratar de um conceito muito abstrato este foi o assunto escolhido. Esta aplicação ocorreu no dia 12/06/2023, em uma turma de terceiro ano do ensino médio regular, e será descrita no capítulo 3.

Com o desenvolvimento do trabalho, houve tempo para mais uma aplicação, em outra turma, no mesmo colégio. Novamente foi feita a análise dos conteúdos pertinentes, assim como a predição de como seria possível realizar o processo de transposição didática, não apenas dos conceitos da física, como também a relação desses conceitos com aplicações na área de astronomia. Com isto, decidiu-se que o assunto a ser incluído seria o de circuito elétrico, visando mostrar exemplos diferentes e aplicáveis na realidade de circuitos elétricos na radioastronomia. Com isto, nesta segunda aplicação foram trabalhados dois temas, tanto o tema precedente, do campo elétrico do Sol, quanto o de circuito elétrico na radioastronomia. Esta aplicação ocorreu no dia 05/09/2023, em uma turma de ensino médio integrado ao ensino técnico de hospedagem, e será descrita no capítulo 4.

Em relação ao tempo despendido, a primeira aplicação durou cerca de 40 minutos, enquanto a segunda aproximadamente 55 minutos. Tal diferença se deve ao fato de que, no primeiro caso, foi realizada a apresentação de apenas um dos temas, enquanto na segunda foi realizada a apresentação com dois temas. Já com relação à avaliação, foi proposto que os alunos realizassem um questionário pequeno, com apenas duas perguntas para cada um dos temas.

Um ponto a ser mencionado é o do formato dos questionários entregues aos alunos, em que as perguntas selecionadas foram do tipo abertas - para que os alunos pudessem responder utilizando suas próprias palavras e para coletarmos dados qualitativos. Foram pensadas em perguntas mais diretas, mas que abarcassem o conteúdo trabalhado nas apresentações (CHAGAS, 2000). As análises acerca dos dados obtidos também podem ser vistas nos dois capítulos seguintes, onde as atividades realizadas serão descritas.

Figura 2.2: Alunos respondendo questionário



Fonte: Acervo Pessoal

Capítulo 3

Tema 1: Campo elétrico do Sol

3.1 Desenvolvimento do material

Nos deparamos com o avanço da ciência diante dos nossos olhos diariamente quando o assunto é astrofísica. Seja com descobertas, como por exemplo a Radiação Cósmica de Fundo - e suas explicações sobre o Universo primordial - ou com a construção de equipamentos que tem como finalidade trazer novas descobertas.

É o caso da *Parker Solar Probe* - sonda espacial desenvolvida e operada pela NASA, em atividade desde 2018 (NEWSSTAFF, 2021). Esse equipamento foi lançado para realizar medidas mais precisas do campo elétrico solar e, consequentemente, a interação desse campo com o vento solar - que consiste na emissão de partículas carregadas advindas de uma região do Sol conhecida como coroa solar. Esse vento solar em estado de plasma carrega em si o campo magnético e flui para fora do Sol. Cada região solar possui ventos solares de diferentes velocidades devido à rotação do Sol e densidades, tais fatores influenciam diretamente no clima espacial, tal qual a direção do campo magnético proveniente desses ventos. Portanto, é bastante válido o estudo dos ventos solares para o desenvolvimento de previsões climáticas do planeta Terra. Por conta de todas estas características, tal sonda foi escolhida como ponto importante a ser tratado durante a elaboração do material, já que ela foi enviada para servir como um observatório espacial e através dela é possível obter dados sobre campo elétrico - um dos objetivos propostos.

Até que fosse possível chegar à compreensão do campo elétrico envolvido, seria

preciso abordar conceitos associados à formação de estrelas de maneira geral e à estrutura do Sol, então os materiais buscados tinham esse enfoque. O primeiro passo foi o de começar a leitura de artigos, livros e apostilas capazes de fornecer uma base de conhecimento para que, posteriormente, fosse montado um estudo dirigido acessível para os alunos do ensino médio. Uma das dificuldades encontradas foi a de conseguir materiais provenientes de fontes confiáveis, e que ao mesmo tempo trouxessem mais detalhes e curiosidades sobre o assunto a ser trabalhado.

Para explicar sobre a formação e a estrutura solar utilizou-se a apostila *Fundamentos da Astronomia* (GREGORIO-HETEM; JATENCO-PEREIRA, 2010), fornecida pelo IAG (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas) como fonte de divulgação e o livro *Astronomia e Astrofísica* (FILHO; SARAIVA, 2014) que são bastante utilizados, inclusive, nos estudos para a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) - evento de nível nacional para alunos de escolas públicas e privadas desde o primeiro seguimento do ensino fundamental até o ensino médio. Entretanto para que o assunto fosse mais aprofundado houve a necessidade de recorrer a materiais de níveis mais avançados. Por exemplo, artigos como *The Sunward Electron Deficit: A Telltale Sign of the Sun's Electric Potential* (HALEKAS, 2021) e *The Electric Field, Atmosphere and Effective Temperature of the Sun* (GUNN, 1931), bem como matérias em sites de revistas internacionais e de divulgação científica viabilizaram essa pesquisa mais a fundo. Isso porque às vezes em uma fonte não havia tantas informações, já que se tratavam de matérias de divulgação científica ou porque ainda não se tem dados precisos por se tratar de algo que está sendo estudado. Dessas fontes de pesquisa algumas foram sugestão do orientador, enquanto outras foram da própria discente. Deste modo, uma vez encontrados tais instrumentos de pesquisa foi possível realizar o material de apoio proposto.

O plano de trabalho traçado foi o de absover os conteúdos presentes nesses materiais citados, discutir com o professor orientador quais desses conteúdos poderiam ser abordados dentro daquilo que se esperava explicar e de que maneira seriam levados até a sala de aula. Durante as reuniões periódicas entre orientador e orientanda isso era discutido, além de haver a apresentação do que foi entendido e poderia ser utilizado na elaboração do estudo dirigido. A partir de então passou-se a escrever

através do *Overleaf* o material de apoio que seria entregue aos alunos - tal método foi escolhido para que a progressão da escrita pudesse ser acompanhada e corrigida em tempo real.

O material final construído para o estudo dirigido é composto por um texto com as informações do Sol, a relação do campo elétrico solar e a detecção dele pela Sonda Parker, em que foram utilizados textos não muito longos e imagens para facilitar a compreensão quando fosse lido, fazendo o texto ter uma abordagem qualitativa dos conceitos, sem as partes matemáticas da eletrostática. Este material pode ser encontrado no Apêndice A. Ao todo foram necessárias oito semanas de preparação até que o material estivesse impresso, contabilizando desde o estudo prévio mencionado, passando pelo término do material escrito, até a confecção dos slides de apoio utilizados durante a realização da atividade.

3.2 Aplicação e Resultados

Como dito no capítulo 2, para que as aplicações fossem iniciadas foi realizado um contato com o setor pedagógico, e o tema escolhido foi o *Campo Elétrico do Sol*. Ainda, como também mencionado, este foi aplicado em duas turmas e momentos distintos (em 12/06/2023, ensino médio regular; em 05/09/2023, ensino médio integrado ao ensino técnico de hospedagem), sendo que a segunda aplicação incluiu também o tema do capítulo 4.

Com relação às atividades em si, associadas ao tema do presente capítulo, ambas consistiram em uma apresentação conduzida pelos próprios alunos, baseada naquilo que já tinham de conhecimentos prévios (tanto da parte de Física quanto de Astronomia) e sendo direcionada pela estagiária para que atingissem o alvo pretendido. Tendo como ponto de partida a pergunta: *O que é Astronomia?*, e mostrando um slide com algumas imagens de corpos celestes e fenômenos - planeta Terra, Lua, Sol, nebulosa, cometa e buraco negro. Dessas imagens apresentadas, apenas a nebulosa não foi reconhecida.

Figura 3.1: Slide dos objetos astronômicos



Fonte: Acervo Pessoal

Levando em conta esse momento inicial foi possível ter uma noção do que eles já conheciam e ir construindo o raciocínio através da bagagem trazida pelos estudantes. Em ambas as turmas alguns alunos demonstraram maior familiaridade com assuntos voltados para o Sistema Solar, formação de planetas, estrelas etc. Ao serem questionados sobre o nosso Sistema Solar, a primeira coisa dita foram aqueles planetas que podem ser vistos a olho nu - Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno - e surgiram algumas dúvidas sobre Lua Azul/Superlua - momento em que a Lua está o mais próximo possível da Terra e coincide de estar na fase de lua cheia - que havia acontecido dia 30 de agosto de 2023 (há somente 6 dias antes da segunda aplicação), e neste momento foi possível trazer certas explicações sobre o fenômeno. Aproveitando esse comentário deles, a discente perguntou aos alunos sobre o que seria perigeu e apogeu - o primeiro sendo a aproximação máxima entre Lua e Terra, enquanto o segundo diz sobre a distância entre Lua e Terra ser máxima - e não sabiam o que era, embora soubessem que a órbita descrita pela Lua não é circular e sim elíptica, assim como disseram que os demais planetas também descrevem órbitas em formato de elipses - alguns inclusive não sabiam o termo correto, mas foram

capazes de descrever utilizando exemplos como o da bola de futebol americano.

Em seguida foi explicado brevemente sobre a formação do Sol, citando os principais pontos tanto de formação quanto de composição de uma estrela. A maioria dos alunos ficou surpresa ao saber que ele é uma estrela e ficaram ainda mais espantados quando descobriram que o Sol ainda é "novo", já que ainda se encontra na etapa da sequência principal - onde está sintetizando Hidrogênio em Hélio. Da mesma forma houve uma explicação acerca da estrutura solar, explicitando as camadas - núcleo, zonas radioativa e convectiva, fotosfera, cromosfera e coroa - e quais suas funções, usando uma figura esquemática para que ficasse mais claro. Seguindo a mesma linha anterior, na estrutura solar houve a retomada de mais um evento astronômico - o eclipse previsto para o mês seguinte à segunda aplicação. Tais eclipses solares ocorrem quando a Lua se posiciona entre a Terra e o Sol, impedindo total ou parcialmente a luz solar, fazendo com que o Sol seja visto apenas como um anel. Os comentários foram para além da explicação do fenômeno, passando inclusive pela melhor (e mais segura) maneira de observar o eclipse sem que cause danos para as vistas. Além, é claro, de termos o Eclipse de Sobral, Ceará, em 1919, como um dos focos da conversa. Evento este que comprovou a Teoria da Relatividade Geral proposta pelo alemão Albert Einstein.

Seguindo o esquema do estudo dirigido, após a explicação da formação e da estrutura solar, os discentes foram questionados sobre campo elétrico e conseguiram descrever, com suas palavras, interações que geram um campo elétrico, além de citarem as relações de cargas elétricas com força e potencial elétrico. A familiaridade dos discentes com o tema aconteceu porque, na primeira aplicação, os estudantes estavam vendo essa matéria no bimestre, e na segunda aplicação a turma já havia visto. Foram ditas coisas como: *"É aquilo que tem a ver com carga elétrica"*, *"A gente estudou isso no outro bimestre"*. Quando instigados a falar mais sobre o que sabiam, fazendo uma relação direta com o Sol ter um campo elétrico, surgiram mais algumas observações: *"Cargas positivas vão se afastar porque são iguais"*, *"Prótons e elétrons se aproximam"*, *"Porque próton é positivo e elétron é negativo"* *"Isso é parecido com potencial elétrico, né?"*, além de citarem as expressões aprendidas para o cálculo da força elétrica $\left(F_{el} = \frac{k \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2}\right)$, do campo elétrico $\left(E = \frac{k \cdot Q}{r^2}\right)$ e

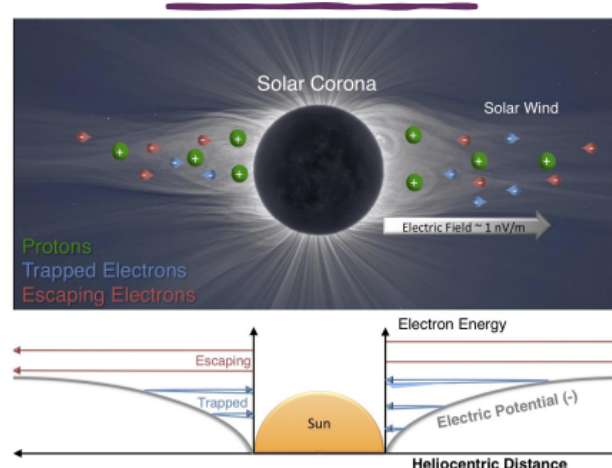
do potencial elétrico $\left(V = \frac{k \cdot Q}{r}\right)$.

Só então a discente explanou o conteúdo com termos mais técnicos, citando como são feitas as observações e medições utilizando a *Parker Solar Probe*, falando sobre a importância de equipamentos como esses para a explicação e previsão de determinados fenômenos.

Figura 3.2: Slide do campo elétrico do Sol



CAMPO ELÉTRICO DO SOL



Fonte: Sci News, 2021

Para finalizar a atividade foi mencionada a existência de um questionário, junto do estudo dirigido, contendo duas perguntas, e aqui houve uma diferença entre as turmas. Na primeira aplicação, os alunos foram informados que teriam até uma semana para devolver esses questionários respondidos individualmente, enquanto na segunda vez foi pedido que eles respondessem ainda em sala. Isto ocorreu a fim de evitar a discrepância entre a quantidade de participantes em sala e a quantidade de respostas recolhidas, resultada da primeira aplicação. Nela foram obtidas apenas 20% de respostas recolhidas, ao passo que na segunda turma 100% dos alunos entregaram suas respostas.

A divergência no número de respostas pode ser explicada por uma questão de esquecimento por parte dos alunos, bem como a proximidade da semana de avaliações

regulares do colégio. Então visando minimizar tal obstáculo, para além do fato das respostas terem que ser entregues na sala, mantendo o anonimato, na segunda vez foi escolhida uma data que não fosse vespéra das provas. Para responder o questionário os alunos tinham como base a explicação dada e o material de apoio impresso para que pudessem consultar caso julgassem necessário. As perguntas e todas as respostas transcritas podem ser vistas nas tabelas 3.1 e 3.2.

Na primeira pergunta, é possível ver que praticamente todos seguiram um padrão de resposta, apesar de ter alguns casos em que pode ter acontecido uma escolha equivocada de palavras. Como foi o caso dos alunos 5 e 9 - ficando subentendido pelo que escreveram que o elemento Hélio só começaria a ser produzido depois que acabasse todo o Hidrogênio, o que não ocorre já que ambos os elementos coexistem na fase da sequência principal de uma estrela. As demais respostas seguem uma mesma linha e não possuem erros conceituais, existem apenas níveis de profundidade diferentes. O que pode indicar a diferença tanto de fundamentos quanto da capacidade de exposição de cada um, mostrando, assim, a individualidade da resposta de cada um dos alunos participantes.

Na segunda pergunta, mais uma vez, é visto um tipo de resposta padrão, com exceção dos alunos número 7 e 12. Isto pois estes foram bastante rasos em suas respectivas explicações, enquanto os demais souberam explicar o funcionamento do campo elétrico do Sol de maneira correta. Sendo que alguns - como os alunos 1, 2, 3, 9 e 17 - forneceram uma maior riqueza de detalhes em suas explicações. Nessa pergunta, não foram encontradas respostas incorretas do ponto de vista conceitual, o que pode significar que houve uma boa compreensão daquilo que foi dito.

Pergunta 1 - Na atual fase de evolução do Sol, qual elemento é produzido?
Essa síntese é realizada a partir de qual elemento?

Aluno 1: Entre as fases da vida de uma estrela, o período mais longo é a chamada sequência principal, onde Hélio é produzido a partir do Hidrogênio.

Aluno 2: O principal elemento produzido é o hélio; o Sol passa por uma reação de fusão nuclear, onde o hidrogênio é convertido em hélio.

Aluno 3: Hélio. Produzido a partir do hidrogênio.

Aluno 4: Hélio. Realizado a partir do Hidrogênio.

Aluno 5: Ele faz hélio, começa depois do hidrogênio acabar.

Aluno 6: Hélio, começa no hidrogênio.

Aluno 7: Hélio. Hidrogênio.

Aluno 8: O Hélio, ele é produzido a partir do Hidrogênio.

Aluno 9: Ele faz hélio depois que o hidrogênio acaba na sequência principal.

Aluno 10: O elemento produzido é o Hélio realizado pelo elemento hidrogênio.

Aluno 11: Hélio, a partir do hidrogênio.

Aluno 12: O elemento produzido é o Hélio e a síntese ocorre graças ao Hidrogênio.

Aluno 13: O hélio que é produzido através do hidrogênio.

Aluno 14: Hélio, o Hidrogênio.

Aluno 15: Hélio é produzido a partir do Hidrogênio.

Aluno 16: Hélio. A partir do Hidrogênio.

Aluno 17: O elemento produzido é o hélio (He) é realizado a partir do Hidrogênio (H).

Aluno 18: O elemento produzido é o hélio a partir do hidrogênio.

Tabela 3.1: Respostas fornecidas pelos discentes para a primeira pergunta sobre o tema campo elétrico solar.

Pergunta 2 - Como é gerado o campo elétrico do Sol?

Aluno 1: Esse campo é gerado através das interações das cargas, que surgem quando os átomos de Hidrogênio se separam na alta temperatura do núcleo solar.

Aluno 2: É gerado após a interação entre prótons e elétrons gerados quando os átomos de hidrogênio são quebrados no processo de fusão nuclear.

Aluno 3: É gerado por meio da interação das cargas geradas pelos átomos de hidrogênio que se separam na alta temperatura do núcleo solar.

Aluno 4: Através das interações de cargas.

Aluno 5: O campo elétrico do Sol é feito de hidrogênio do núcleo. Sendo muito bom para a gente na terra.

Aluno 6: As cargas se interagem, geradas quando o hidrogênio se separa.

Aluno 7: No núcleo formado por átomos.

Aluno 8: Na interação de prótons e elétrons na temperatura alta de separar os átomos de hidrogênio.

Aluno 9: O Sol ele é um campo elétrico e por esse motivo o campo possui cargas elétricas, esse campo tem interações de cargas e átomos de hidrogênio se separam na alta temperatura do núcleo solar.

Aluno 10: O campo elétrico é gerado pela interação de cargas.

Aluno 11: Surge através da interação de cargas.

Aluno 12: Através dos átomos.

Aluno 13: Surge através da interação de prótons e elétrons.

Aluno 14: Interação de prótons e elétrons gerados na separação do hidrogênio.

Aluno 15: Das interações das cargas (prótons e elétrons).

Aluno 16: Através das interações de cargas (prótons e elétrons).

Aluno 17: Surge através das interações de cargas, que são geradas quando os átomos de hidrogênio se separam na alta temperatura do núcleo solar.

Aluno 18: O campo elétrico do SOL é gerado através da interação entre cargas dos prótons e elétrons.

Tabela 3.2: Respostas fornecidas pelos discentes para a segunda pergunta sobre o tema campo elétrico solar.

Capítulo 4

Tema 2: Radioastronomia

4.1 Desenvolvimento do material

Como apontado no capítulo 2, para além do tema campo elétrico, um segundo conteúdo físico escolhido para ser trabalhado foi o de circuitos elétricos. O primeiro passo foi decidir com qual parte da astronomia este poderia ser relacionada e foi observado que algumas linhas poderiam ser seguidas: radioastronomia - estudo das radiações eletromagnéticas emitidas e/ou refletivas pelos corpos celestes - ou circuito elétrico global - modelo da eletrodinâmica que tenta relacionar os mecanismos de geração de corrente na baixa atmosfera, ionosfera e magnetosfera. Ambos os casos apresentavam suas dificuldades e facilidades, no entanto, para trazer uma atividade totalmente nova e que fizesse um paralelo tanto com a eletrodinâmica quanto com ondulatória, a escolha foi a de trabalhar com a radioastronomia.

A maneira encontrada para fazer essa correlação foi a de explicar o funcionamento dos circuitos elétricos internos dos radiotelescópios. Estes são instrumentos de observação astronômica que captam as ondas de rádio emitidas na faixa de frequência de 1Hz até 10^9 Hz por buracos negros, planetas, estrelas, galáxias e radiações cósmica de fundo por meio de lentes e antenas de um telescópio (VAIA, 2023). Sabe-se que uma das formas mais naturais da geração desse tipo de onda é justamente através desses objetos astronômicos e a observação se torna ainda mais importante quando é possível explicar mais sobre o Universo, como, por exemplo, a teoria do Big Bang com a detecção do sinal eletromagnético emitido pela radiação cósmica de fundo -

capaz de trazer muitos detalhes sobre o Universo primordial e o Cosmos.

Diante da escolha do segundo tema, buscou-se novas fontes de informações que pudessem ser utilizadas para a produção do novo estudo dirigido além de reler aquelas com conceitos mais gerais da astronomia usadas no primeiro tema. A parte acerca de circuitos e componentes elétricos foi pesquisada nos livros de ensino médio, que são disponibilizados aos alunos do CTUR para consulta na biblioteca do colégio (AMABIS, 2020) (CALÇADA C. S.; SAMPAIO, 2012). Já sobre a radioastronomia em si foi preciso, novamente, recorrer a materiais de pós-graduação, bem como daqueles de divulgação científica (PIPER, 2020). Como foi o caso o próprio site do rádio telescópio ALMA (Atacama Large Millimeter Array) - rádio-observatório situado no Chile e operado pelo Observatório Europeu do Sul (ESO) - que possui um site contendo informações relevantes sobre o funcionamento e as observações já feitas pelo equipamento (ESO, 2016).

O ALMA é uma rede de telescópios de última geração que estuda a radiação produzida por alguns dos objetos mais frios do Universo (ALMAOBSERVATORY, 2015). Astrônomos utilizam estas ondas de rádio para o estudo das condições e características de diversos ambientes astrofísicos como, por exemplo, nuvens de poeira interestelar, que são regiões extremamente densas formadas de gás e poeira e que são conhecidas como os berços das estrelas. Também foram lidos artigos como o *Radio astronomy and the BAA* (BROWN, 1998), um trabalho publicado em 1998 que relata como a radioastronomia surge para o uso dos astrônomos amadores. Especificamente, apesar de haver adeptos à radioastronomia amadora, a falta de equipamentos potentes e/ou investimento fazia com que na época houvesse pouco interesse científico das pessoas por essa área. Uma das razões dessa baixa procura era justamente o fato de não haver esboços, imagens ou fotografias como resultado da análise das ondas de rádio. Hoje, cerca de trinta anos depois, percebemos um grande avanço ao obtermos tais imagens.

A caracterização destas observações é o ponto chave da conexão entre a astronomia e os conceitos de eletrodinâmica almejados. O processo é a captação de ondas de rádio, que atingem a antena do radiotelescópio e entram num receptor sensível que amplifica essas ondas e as converte em um sinal digital. Hoje em dia, tal pro-

cesso é feito principalmente através por meio de programas de computadores, onde é possível transformar essas informações em pixels nas imagens. Portanto, não são exatamente fotos que são tiradas de tais objetos astronômicos, mas sim a conversão de sinais a partir de circuitos elétricos integrados aos telescópios. Talvez o maior e mais difundido exemplo de funcionamento seja a primeira imagem de um buraco negro supermassivo, o Messier 87, divulgada em 2019 pelo *Event Horizon Telescope* - consórcio internacional constituído de oito observatórios radioastronômicos (CLERY, 2019). Inclusive, foi esse mesmo consórcio que em 2022 revelou a primeira imagem do Sagitário A* - buraco negro localizado no centro da nossa Via Láctea .

Tendo todos esses dados o formato de desenvolvimento do material seguiu o modelo do primeiro tema (*Campo Elétrico do Sol*), uma vez que o modo do trabalho se mostrou positivo. Então, partindo da mesma linha, primeiro foram lidos esses materiais para, a partir disso, ser escrito o material de apoio, sempre trazendo os textos escritos para avaliação do orientador em tempo real por meio do *Overleaf*. Novamente, se tratava de um texto contendo as principais informações, definições e curiosidades sobre o tema físico e astronômico, porém mantendo a ideia de ser algo sucinto e de fácil entendimento pelos alunos, apesar de ser um assunto complexo. Após todo esse processo, a última versão do texto foi finalizada e pode ser encontrado no apêndice B. O mesmo conta com a explicação sobre radioastronomia, espectro eletromagnético, circuitos elétricos RLC e, por fim, as aplicações de um circuito elétrico nesse tipo na observação e o uso de rádio telescópios. Desde a escolha do tema até a finalização do material e dos slides a serem utilizados foram nove semanas de elaboração.

4.2 Aplicação e Resultados

O tema *Radioastronomia* foi aplicado apenas na turma de ensino médio integrado ao curso técnico de hospedagem - turma em que a discente estava acompanhando no momento. Essa única aplicação se deve ao fato de que foi realizada no segundo semestre letivo e houve uma preocupação com relação à proximidade com provas finais, Enem etc. Outro fator determinante para a única aplicação do tema é de

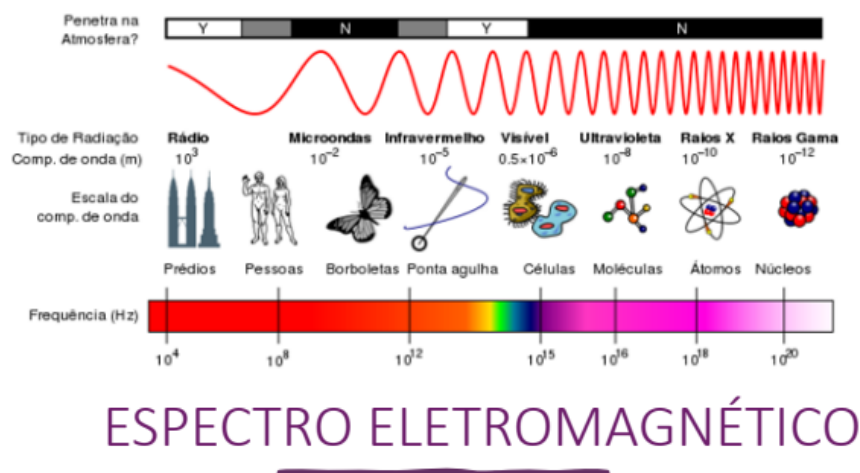
que essa atividade fosse realizada apenas quando os alunos já tivessem tido contato com os conceitos físicos nas aulas habituais de física, sendo que no CTUR os alunos só começaram a ver o conteúdo de eletrodinâmica a partir de julho e a primeira aplicação foi feita no mês anterior a isso.

Vale notar que essa atividade foi realizada em um único dia (05/09/2023), por uma questão de limitação de tempo tanto da residente quanto da carga horária livre dos próprios alunos e, além disso, esta parte foi feita em conjunto com uma parte sobre campo elétrico, descrito na Seção (3.2). Em outras palavras, a aplicação do tema deste capítulo foi feito após as perguntas introdutórias sobre Astronomia, bem como a exploração sobre campo elétrico do Sol, por isso nesse capítulo teremos apenas a exploração da prática referente à radioastronomia. Assim sendo, os slides utilizados na apresentação foram um compilado dos dois temas e a atividade foi feita de maneira contínua, associando ambas as partes.

Deste modo, na presente aplicação, após passar pelo campo elétrico do Sol, houve uma breve introdução sobre física ondulatória ao mostrar uma figura representando o espectro eletromagnético, questionando os alunos o que sabiam acerca do assunto e, nesse colégio, o conteúdo é visto no segundo ano do ensino médio. A primeira coisa a ser mencionada foi o fato de que já haviam estudado, no ano letivo anterior, sobre o espectro eletromagnético e que sabiam como calcular a velocidade de uma onda através da expressão $v = \lambda \cdot f$ (onde v é a velocidade da onda, λ seu comprimento de onda e f sua frequência), além de saberem o que cada termo da expressão significa. O slide mostrado na figura 4.1 faz uma comparação com a frequência e o comprimento de onda de todas as ondas presentes no espectro, incluindo quais penetram a atmosfera terrestre, e isto foi utilizado para levar ao tema.

Ao citar o termo radioastronomia alguns alunos associaram direto a ondas e, mais ainda, a ondas de rádio e retomaram conhecimentos obtidos no ano anterior, como tipos de ondas (mecânicas e eletromagnéticas, longitudinais e transversais), amplitude e frequência. Também foram perguntados se saberiam dizer o porquê de se tratar de uma onda eletromagnética e um deles afirmou: "*Esse v é da velocidade da luz.*", se referindo à expressão matemática dita em outro momento. Embora o foco fosse na parte de eletricidade também era importante saber qual o conhecimento

Figura 4.1: Slide do espectro eletromagnético



Fonte: Khan Academy

dos estudantes sobre a velocidade de propagação de uma onda e foi perguntado a eles sobre a velocidade dessas ondas de rádio e se haveria mudança nessa velocidade caso o meio de propagação das ondas fosse alterado. O segundo questionamento gerou dúvidas que foram sanadas pela discente através de uma explicação de que ao passar de um meio para outro, caso o índice refrativo seja diferente, significa que essa onda teve sua velocidade reduzida - uma vez que ($c = 3 \cdot 10^8 m/s$) é o limite de velocidade. Então, vendo que os estudantes possuíam certo conhecimento sobre o assunto físico, foi possível conduzir a atividade e explicar como e para que se usa a detecção das ondas rádio para análises da Astronomia e Cosmologia.

Para começar a falar da eletricidade, a primeira pergunta feita foi a do que seriam circuitos elétricos. Os estudantes não sabiam expressar com termos técnicos, mas foram citadas coisas como a presença de corrente e "voltagem". Em seguida, foi mostrada uma imagem esquemática de um circuito RLC e eles foram perguntados se reconheciam os símbolos e quais suas funções. Desses, souberam dizer o que é fonte de tensão e o que é resistor. Sobre essas duas componentes foram capazes de

descrevê-las com suas próprias palavras e dar exemplos de aplicações, mencionando ainda que são medidos em volts e ohms, respectivamente. No caso do capacitor não souberam definir mas lembraram de terem estudado as associações em série e em paralelo. Em especial um aluno deu o exemplo de aplicação, que é seu uso na televisão e o risco que se corre ao mexer na TV com o capacitor estando carregado. Já indutor eles não sabiam o que era, porque realmente ainda não haviam visto nas aulas de Física, já que a parte de indutância e fluxo de corrente elétrica sendo gerador de campo magnético seria estudado apenas no bimestre seguinte. Mesmo assim sua função foi explicada para a turma. Entretanto houve uma animação ao saber que ainda iriam estudar campo magnético no decorrer do ano e que já saberiam onde e como ele é utilizado, então já chegariam na aula mais entendidos.

Depois disso a licencianda fez a conexão entre o tema físico e o astronômico, trazendo para a apresentação os radiotelescópios. Apresentando como são captadas as ondas de rádio de buracos negros, estrelas, galáxias e radiação cósmica de fundo e como essas ondas são convertidas em sinais elétricos através dos circuitos elétricos internos, podendo fazer análises importantes. Como dito, a imagem do buraco negro de 2019 normalmente gera forte comoção e não foi diferente com eles, uma vez que ficaram bastante interessados em finalmente descobrir como foi possível ter uma "foto" de um objeto astronômico desses se ele está tão distante e se suga tudo aquilo que está próximo de si.

Foram mostrados alguns radiotelescópios em funcionamento pelo mundo, incluindo o BINGO (Baryon Accoustic Oscillation In Neutral Gas Observations) - situado no estado da Paraíba, no Nordeste brasileiro - projetado para investigar as oscilações acústicas de bárions, que são consequências ondulatórias na matéria, geradas pelas interações da matéria bariônica com a radiação eletromagnética. Além de estar na Paraíba e ter participação da Univesidade de São Paulo (USP), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Universidade Federal Itajuba (UNIFEI), Universidade Federal do Cariri (UFCA), o projeto conta ainda com a colaboração e investimentos da China, França, África do Sul, Reino Unido, Alemanha, Estados Unidos, Espanha e Coréia do Sul. O equipamento em solo brasileiro gerou euforia, principalmente por saberem que há

um maquinário de ponta como esse em território nacional.

Figura 4.2: Slides com exemplos de radiotelescópios



Fonte: ALMA Observatory; Portal BINGO

No final do material de apoio havia um questionário com duas perguntas, em que os alunos foram instruídos a respondê-las em sala, mas mantendo a participação facultativa e anônima. Por vontade própria todos os alunos que assistiram à apresentação entregaram seus questionários respondidos. As perguntas e todas as respostas transcritas podem ser vistas nas tabelas 4.1 e 4.2.

É possível observar que não foram obtidas respostas erradas para a primeira pergunta. O que se tem são alguns alunos citando uma faixa de frequência que presente no texto, enquanto outros escreveram o valor que estava descrito na imagem do espectro eletromagnético. No entanto a faixa de frequência da imagem está contida na descrita no texto do estudo digirido.

Já na segunda questão é possível notar que todos os alunos forneceram basicamente a mesma resposta, tal consequência pode ter como causa o fato da pergunta ter sido feita de forma direta. Uma outra maneira de fazer o questionamento seria o de perguntar a função do capacitor, para ver se os alunos seriam capazes de descrever aquilo que compreenderam. Mas, de todo modo, a finalidade com a pergunta foi alcançada.

A presente monografia será encerrada no próximo capítulo, que irá descrever as principais conclusões e expectativas futuras.

Pergunta 1- Qual a frequência das ondas de rádio?

Aluno 4: 1 Hz até 10^9 Hz

Aluno 5: A frequência de rádio penetra na terra e a frequência dele é de 1 Hz até 10^9 Hz

Aluno 6: Frequência de 10^4 Hz

Aluno 7: 10^4 Hz

Aluno 8: De 10^4 Hz

Aluno 9: A frequência é de 1 Hz até 10^9 Hz

Aluno 10: 1 Hz até 10^9 Hz

Aluno 11: De 1 Hz a 10^9 Hz

Aluno 12: De 1 Hz até 10^9 Hz

Aluno 13: 1 Hz até 10 Hz

Aluno 14: 1 Hz - 10^9 Hz

Aluno 15: Na faixa de 1 Hz até 10^9 Hz

Aluno 16: 1 Hz até 10^9 Hz

Aluno 17: 1 Hz à 10^9 Hz

Aluno 18: A frequência das ondas de rádio é de 1 Hz até 10^9 Hz

Tabela 4.1: Respostas fornecidas pelos discentes para a primeira pergunta sobre o tema radioastronomia.

Pergunta 2- Dada a recepção de uma onda de rádio, com uma certa energia, que parte do circuito é responsável pelo acúmulo dessa energia?

Aluno 4: Capacitor.

Aluno 5: O capacitor é um acumulador de energia.

Aluno 6: Os capacitores

Aluno 7: Capacitor

Aluno 8: Capacitor

Aluno 9: O capacitor

Aluno 10: Capacitor

Aluno 11: Capacitor

Aluno 12: O capacitor é o responsável.

Aluno 13: O capacitor

Aluno 14: O capacitor.

Aluno 15: Capacitor.

Aluno 16: Capacitor

Aluno 17: Capacitor.

Aluno 18: O acúmulo de energia no circuito fica no capacitor.

Tabela 4.2: Respostas fornecidas pelos discentes para a segunda pergunta sobre o tema radioastronomia.

Capítulo 5

Conclusões e Perspectivas

O intuito desse trabalho é o de levar para a sala de aula do Ensino Médio uma abordagem diferente da usual, exemplificando conceitos da Física através da Astronomia. Para isso, a metodologia foi a de buscar materiais diferentes daqueles já utilizados nas aulas regulares a fim de aprofundar o conhecimento. E, como consequência, produzir um material de fácil entendimento para os alunos, mesmo que nele contivessem conteúdos a nível de pós-graduação. Tal material produzido associado à atividade em sala com os alunos possibilitou a execução desse objetivo através dos conceitos da transposição didática.

Dessa forma, a ideia era trazer um novo significado para o conteúdo ensinado durante as aulas de física, além de investigar o que já havia sido aprendido. Ao todo foram desenvolvidos dois estudos dirigidos, contendo informações mais gerais sobre os assuntos tanto físico quanto astronômicos e cada um desses materiais conta com um questionário de duas perguntas baseadas naquilo que trabalha o texto e a apresentação feita. Apesar de existirem essas perguntas, a coleta de dados dos resultados obtidos é feita mais através da observação participante das atividades realizadas em sala.

O presente trabalho mostrou que é possível ensinar conteúdos de níveis avançados no ensino básico, mostrando um passo a passo de como pode ser feito e aplicado. Por isso, não foram feitas análises acerca de melhorias no rendimento escolar dos alunos participantes nas avaliações da escola. Ainda assim pode-se considerar o resultado dessa atividade como positivo, haja vista que os objetivos iniciais foram alcançados.

Com isto foi apresentado o processo e os principais resultados das aplicações realizadas. De modo geral, o resultado foi extremamente satisfatório e o projeto alcançou seu objetivo. O ganho tanto por parte da discente quanto pelos alunos foi além do esperado e a proposta estabeleceu uma metodologia que provavelmente irá ser reproduzida posteriormente, por outros discentes da licenciatura em Física do DEFIS/UFRRJ.

Ademais, o trabalho abre margem para que esse tipo de ação possa também ser realizado em outros níveis, como fazer o processo da transmissão de um conhecimento de pós-graduação para discentes da graduação. E ainda o de utilizar esse mesmo ideal e trabalhar outros conteúdos para o ensino médio (e até ensino fundamental). Alguns exemplos a serem citados são o de relacionar o estudo da mecânica com o movimento de corpos celestes, investigação das temperaturas de estrelas e até usar a própria radioastronomia, porém com enfoque em ondulatória, ou mesmo aplicar esse projeto de eletricidade e outros temas em outros colégios.

Referências Bibliográficas

ALMAOBSERVATORY. **ALMA Witnesses Assembly of Galaxies in the Early Universe for the First Time**. 2015. Acesso em 15 de agosto de 2023. Disponível em: <<https://www.almaobservatory.org/en/press-releases/alma-witnesses-assembly-of-galaxies-in-the-early-universe-for-the-first-time/>>.

ALMOULOUD, S. A. **Fundamentos da didática da matemática**. [S.l.]: UFPR, 2007.

ALVES-FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 174–188, 2000.

ALVES-FILHO, J. P.; PINHEIRO, T. F.; PIETROCOLA, M. A eletrostática como exemplo de transposição didática. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**, p. 77–99, 2001.

AMABIS, J. M. **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias**. [S.l.]: Moderna, 2020.

ASTOLFI, J. P. **Mots-clés de la didactique des sciences: repères, définitions, bibliographies**. [S.l.]: De Boeck, 1997.

BERNADELLI-SANTOS, R. **Uma experiência de transposição didática e aplicação das principais contribuições teóricas e observacionais no campo de lentes gravitacionais e os conceitos físicos envolvidos**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo.

BROWN, B. Radio astronomy and the baa. **Journal of the British Astronomical Association**, v. 108, n. 1, p. 29–32, 1998.

CALADO, D. C. **Modelo Didático Interativo do Dogma Central da Biologia: uma proposta de Transposição Didática para o Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2019.

CALÇADA C. S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica 3 - Eletricidade e Física Moderna**. [S.l.]: Atual, 2012.

CHAGAS, A. T. R. O questionário na pesquisa científica. **Administração On Line**, v. 1, n. 1, p. 25, 2000.

CHEVALLARD, Y. On didactic transposition theory: Some introductory notes. In: UNIVERSITY OF BIELEFELD, GERMANY, AND UNIVERSITY OF BRATISLAVA, SLOVAKIA. **Proceedings of the international symposium on selected domains of research and development in mathematics education**. [S.l.], 1989. p. 51–62.

_____. La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado. In: **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. [S.l.: s.n.], 1991. p. 196–196.

CHEVALLARD, Y.; BOSCH, M. Didactic transposition in mathematics education. **Encyclopedia of mathematics education**, Springer, p. 214–218, 2020.

CLERY, D. **Shadowy first image of black hole revealed**. 2019. Acesso em 01 de abril de 2024. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.364.6437.217>>.

COSTA, A. E. L. **Organização matemática e didática: um estudo de equações de 2º grau no 9º ano do ensino fundamental**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal do Pará.

ESO. **European Southern Observatory - ALMA: In search of our cosmic origins**. 2016. Acesso em 8 de agosto de 2023. Disponível em: <<https://www.eso.org/public/teles-instr/alma/>>.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia Astrofísica**. [S.l.]: Livraria da Física, 2014.

GREGORIO-HETEM, J.; JATENCO-PEREIRA, V. **Fundamentos de Astronomia**. [S.l.]: IAG/USP - Departamento de Astronomia, 2010.

GUALTER J. B.; NEWTON, V. B. H. R. D. **Tópicos de Física 3 - Eletricidade, Física Moderna e Análise Dimensional**. [S.l.]: Saraiva, 2012.

GUNN, R. The electric field, atmosphere and effective temperature of the sun. **Physical Review**, APS, v. 37, n. 9, p. 1129, 1931.

HALEKAS, J. S. The sunward electron deficit: A telltale sign of the sun's electric potential. **The Astrophysical Journal**, IOP Publishing, v. 916, n. 1, p. 16, 2021.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. d. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Graduação em Educação para a Ciência, v. 9, n. 02, p. 247–260, 2003.

LANGHI, R.; NARDI, R. Justificativas para o ensino de astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 3, p. 041–059, 2014.

LIBÂNEO, J. C. **Didática: teoria da instrução e do ensino**. [S.l.]: Cortez, 1994.

LIBÂNEO, J. C. Pedagogia e pedagogos, para quê? **São Paulo**, SciELO Brasil, v. 5, 2007.

MAGNO, F.; LEAO, M. Transposição didática: Atividades experimentais aplicadas por estudantes do ensino médio para a construção do conhecimento dos discentes do ensino fundamental. **Physicae Organum-Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 8, n. 2, p. 25–47, 2022.

MARTINS, M. R.; BUFFON, A. D.; NEVES, M. C. D. A astronomia na antiguidade: um olhar sobre as contribuições chinesas, mesopotâ, egípcias e gregas. **Revista Valore**, v. 4, n. 1, p. 810–823, 2019.

MELLO, L. A. A teoria da transposição didática de chevallard, izquierdo e de mello (chim). Universidade Federal de Sergipe, 2019.

MORAN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15–33, 2015.

MOZER, F. et al. Dc and low-frequency electric field measurements on the parker solar probe. **Journal of Geophysical Research: Space Physics**, Wiley Online Library, v. 125, n. 9, p. e2020JA027980, 2020.

NEWSSTAFF. **Parker Solar Probe Reveals New Insights on Electric Field of the Sun**. 2021. Acesso em 13 de maio de 2023. Disponível em: <<https://www.sci.news/physics/sun-electric-field-09862.html>>.

NUNES, S. R. **Transposição didática: uma proposta de cartilha sobre zoonoses causadas por animais de estimação na educação de jovens e adultos**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

OLIVEIRA, M. D. L. Trabalho docente: a transposição didática, como fazê-la? **Dialogia**, p. 167–190, 2014.

PIPER, L. **Liampiper**. 2020. Acesso em 20 de julho de 2023. Disponível em: <<https://www.liampiper.com/radio-projects/radio-telescope-gen-2>>.

SANTOS, D. B. M. **Normalização de Trabalhos Acadêmicos**. [S.l.]: Editora da Universidade Rural, 2003.

SAVIANI, D. A função docente e a produção do conhecimento. **Educação e filosofia**, v. 11, n. 21/22, p. 127–140, 1997.

_____. Casemiro dos reis filho e a educação brasileira. **Educação & Sociedade**, SciELO Brasil, v. 22, p. 161–181, 2001.

SILVA, J. Transposição didática ou resignificação pedagógica: o ensino de sociologia no ensino médio. Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

TURQUETTI, G. N.; FERREIRA, I. S. Um estudo do circuito elétrico atmosférico global. **Physicae Organum-Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 2, n. 1, 2016.

VAIA. **Radio Telescopes**. 2023. Acesso em 03 de julho de 2023. Disponível em: <<https://www.vaia.com/en-us/explanations/physics/astrophysics/radio-telescopes/>>.

Apêndice A

1 O SOL

1.1 Formação

Em geral, as estrelas são formadas nas chamadas nebulosas, que são nuvens moleculares existentes nas galáxias. Tais nuvens gasosas são compostas por Hidrogênio (H) e Hélio (He), que são elementos extremamente comuns na composição do Universo. Entre as fases da vida de uma estrela, o período mais longo é a chamada sequência principal, onde Hélio é produzido a partir do Hidrogênio. Características como temperatura, cor, luminosidade e tempo de vida, das estrelas, são definidas a partir de sua massa. Quanto maior a massa da estrela ela será mais quente, mais azul, mais luminosa e menor será o seu tempo de vida.

O Sol é a estrela mais próxima do planeta Terra, e sua energia é gerada a partir de reações termonucleares chamadas de fusão nuclear, ocorridas em seu núcleo (figura abaixo). Por sua proximidade, o astro rei também serve para o estudo e entendimento das demais estrelas existentes no Universo.

Nosso Sol tem uma massa de 2×10^{30} kg, temperatura superficial da ordem de 5500 K, raio em torno de 680.000 km, e, por isso, se enquadra entre uma estrela mediana, pertencendo à classe espectral G, tendo assim sua cor amarelada.

1.2 Estrutura

Como pode ser visto na figura abaixo, as camadas do Sol, da parte mais interna até a externa, são denominadas núcleo, zona radioativa, zona convectiva, fotosfera, cromosfera e coroa. As três primeiras sendo do interior e as três últimas referentes à atmosfera. A seguir, vamos descrever cada uma delas.





Núcleo - com uma temperatura alta, de aproximadamente 16 milhões de Kelvin, é nessa camada que acontecem as reações de fusão.

Zona radioativa - região em que a energia é transportada por irradiação.

Zona convectiva - a temperatura nessa parte é bem menor do que no núcleo transportando, assim, a energia através das correntes de convecção.

Fotosfera - também chamada de superfície solar, possuindo uma espessura de cerca de 500 Km. Parecendo com um líquido em ebulição, contendo várias bolhas, fenômeno denominado granulação - grânulos brilhantes envolvidos por contornos mais escuros. É nessa região em que são também observadas as manchas solares.

Cromosfera - tendo uma espessura de aproximadamente 1500 Km, com uma densidade consideravelmente menor do que a fotosfera e sendo detectável apenas através da espectroscopia

Coroa - constituída por um plasma muito quente (cerca de 2 K). Só é observada da Terra a olho nu durante um eclipse solar total. É deste local a origem do vento solar - composto por plasma eletricamente neutro, com uma condutividade térmica muito grande.

2 CAMPO ELÉTRICO

Aqui será fornecida uma breve descrição do campo elétrico do Sol. Maiores detalhes podem ser encontradas nos materiais didáticos e em sala de aula.

O conceito de campo elétrico é o de um campo, de ação à distância, causado a partir das interações de corpos eletrizados, ou seja, que possuem cargas elétricas. O Sol, sendo um corpo carregado, assim como tantos outros, também sofre influência de um campo elétrico. Esse campo surge através das interações das cargas (prótons e elétrons), que são gerados quando os átomos de hidrogênio se separam na alta temperatura do núcleo solar. Os elétrons, por serem mais leves que os prótons, são lançados para a parte externa do núcleo.

Entretanto, devido à ação do campo elétrico, os prótons controlam as ações das cargas com sinais opostos, fazendo com que os elétrons sejam puxados de volta. A consequência da não existência do campo seria que todos os elétrons iriam se afastar até desaparecer.

3 FINAL

Os estudos mais atuais acerca das propriedades e características do Sol estão sendo feitos por meio da sonda espacial Parker Solar Probe, que orbita a estrela, lançada em 2018 pela NASA. Embora tanto o Sol quanto os demais astros sejam estudados há tempos, a Parker trouxe grandes avanços. Um exemplo disso é que já se sabia da existência do campo elétrico solar, porém as primeiras medições dele foram feitas com base nos dados obtidos pela sonda.



4 QUESTIONÁRIO

1. Na atual fase de evolução do Sol, qual elemento é produzido? Esta síntese é realizada a partir de qual elemento?
2. Como é gerado o campo elétrico do Sol?

Referências

AMABIS, J. M. **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias**. [S.l.]: Moderna, 2020.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia Astrofísica**. [S.l.]: Livraria da Física, 2014.

GREGORIO-HETEM, J.; JATENCO-PEREIRA, V. **Fundamentos de Astronomia**. [S.l.]: IAG/USP - Departamento de Astronomia, 2010.

HALEKAS, J. S. The sunward electron deficit: A telltale sign of the sun's electric potential. **The Astrophysical Journal**, IOP Publishing, v. 916, n. 1, p. 16, 2021.

Apêndice B

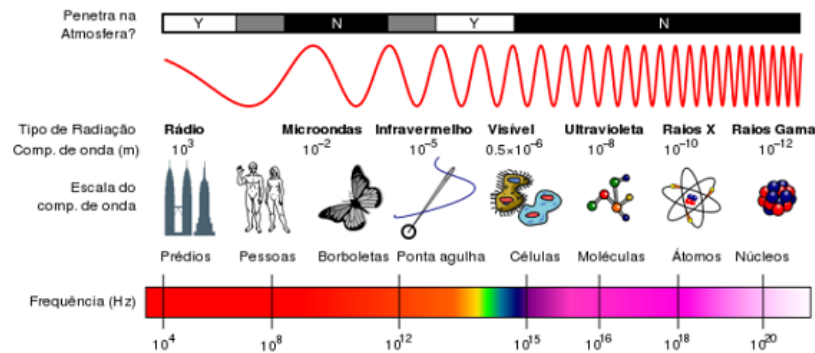
1 RADIOASTRONOMIA

1.1 Conceito

A radioastronomia é uma área da astronomia voltada para o estudo das ondas de rádio emitidas por alguns dos corpos celestes - sendo eles, por exemplo, planetas, estrelas, galáxias, entre outros.

Sua base de funcionamento é a utilização de um equipamento conhecido como radiotelescópio, que é capaz de identificar comprimentos de onda além daqueles da luz visível e transformar em sinais elétricos através de um circuito elétrico.

1.2 Espectro eletromagnético



O espectro eletromagnético é a faixa que contém todas as frequências possíveis para uma onda eletromagnética, indo da maior frequência (radiação gama) até a de menor frequência (ondas de rádio), passando pela frequência de luz visível.

Portanto, ondas de rádio são um dos tipos de radiação eletromagnética, especificamente as que possuem uma frequência na faixa de 1 Hz até 10^9 Hz, e, portanto, possuem os maiores comprimentos de onda do espectro. Como uma das formas naturais da sua geração é a partir de corpos astronômicos, as fontes espaciais destas ondas são de grande importância, por trazerem muitas informações sobre o Universo. Com isto, elas podem ser fontes de explicação para:

- Buracos negros - Estas são grandes quantidades de matéria compactada, gerando regiões densas em que o campo gravitacional é tão forte que nada é capaz de escapar, nem mesmo a luz. Não é possível observar diretamente um buraco negro através de radiotelescópios, mas é possível estudar indiretamente algumas de suas características utilizando este equipamento.
- Estrelas - Estes são corpos celestes gasosos que possuem luminosidade, capazes de brilhar e emitir radiação através de suas próprias fontes de energia, inclusive na faixa do rádio.



- Galáxias - São sistemas de estrelas e matéria interestelar que compõem o Universo, normalmente existem de forma agrupada - os chamados aglomerados de galáxias. Emitem diversos tipos de radiação eletromagnética, inclusive ondas de rádio.
- Radiação Cósmica de Fundo - Um sinal eletromagnético, detectado atualmente na faixa de rádio, e presente desde a fase do Big Bang. Ou seja, está ligada à época que originou o Universo quando tratava-se de um ambiente de altas densidade e temperatura.

2 CIRCUITOS RLC

2.1 Funcionamento

Trata-se de um circuito elétrico composto por um resistor (R), um indutor (L) e um capacitor (C) e que podem ter ligações do tipo série ou paralelo. Cada um dos elementos do circuito possui características próprias. Por exemplo, o **resistor** tem como função a limitação da passagem de cargas elétricas, alterando a diferença de potencial em um determinado trecho do circuito; o **indutor** é um dispositivo capaz de armazenar energia criada em campo magnético, proudindo uma tensão através da corrente alternada; por fim, o **capacitor** é um dispositivo formado por placas isolantes com a finalidade de armazenamento de cargas elétricas.

2.2 Aplicações

O radiotelescópio funciona utilizando antenas de rádio que refletem as ondas de rádio emitidas até um receptor. Ao apontar um radiotelescópio na direção de um corpo no espaço, as ondas de rádio emitidas por esse corpo atingem a superfície do dispositivo e o receptor é acoplado um circuito RLC. Com isto, o sinal de rádio captado pela antena é convertido em sinais elétricos, e é possível definir a intensidade da onda em diferentes comprimentos de onda, estando todos eles dentro da faixa de rádio.

Este processo é semelhante ao de sintonização de estações de rádio através de um circuito ressonante. No contexto da radioastronomia, uma das consequências dessa análise é a distribuição de energia por comprimento de onda, também conhecida como distribuição espectral.

Há diversos radiotelescópios espalhados pelo mundo em atividade, como, por exemplo, o ALMA (do inglês, *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array*). Situado no Chile, uma das importantes descobertas científicas dele é uma imagem obtida por ele de um anel de poeira em torno da estrela HL Tauri, que pode ser uma explicação de como se deu a formação de planetas ao redor de uma estrela, semelhante ao caso da Terra.



3 QUESTIONÁRIO

1. Qual a frequência das ondas de rádio?
2. Dada a recepção de uma onda de rádio, com uma certa energia, que parte do circuito é responsável pelo acúmulo dessa energia?

Referências

BROWN, B. Radio astronomy and the baa. **Journal of the British Astronomical Association**, v. 108, n. 1, p. 29–32, 1998.

CALÇADA C.S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica 3 - Eletricidade e Física Moderna**. [S.l.]: Atual, 2012.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia Astrofísica**. [S.l.]: Livraria da Física, 2014.

GREGORIO-HETEM, J.; JATENCO-PEREIRA, V. **Fundamentos de Astronomia**. [S.l.]: IAG/USP - Departamento de Astronomia, 2010.

GUALTER J. B.; NEWTON, V. B. H. R. D. **Tópicos de Física 3 - Eletricidade, Física Moderna e Análise Dimensional**. [S.l.]: Saraiva, 2012.

VAIA. Acesso em 03 de julho de 2023. Disponível em: <https://www.vaia.com/en-us/explanations/physics/astrophysics/radio-telescopes/>.