



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

WENDERSON MAÇÃO PEREIRA

**A FÍSICA DAS ESTRELAS: A ASTRONOMIA E A ASTROFÍSICA
COMO CAMINHOS PARA ENSINAR FÍSICA MODERNA E
CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

**SÃO MATEUS
2020**

WENDERSON MAÇÃO PEREIRA

**A FÍSICA DAS ESTRELAS: A ASTRONOMIA E A ASTROFÍSICA
COMO CAMINHOS PARA ENSINAR FÍSICA MODERNA E
CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino na Educação Básica.

Orientadora:

Profa. Dra. Marcia Regina Santana Pereira

**SÃO MATEUS
2020**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

Mação Pereira, Wenderson, 1976-
M113f A Física das Estrelas : A Astronomia e a Astrofísica como caminhos para ensinar Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica / Wenderson Mação Pereira. - 2019.
152 f. : il.

Orientadora: Márcia Regina Santana Pereira.
Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Física. 2. Astronomia. 3. Astrofísica. 4. Educação Básica.
I. Santana Pereira, Márcia Regina. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. III. Título.

CDU: 37

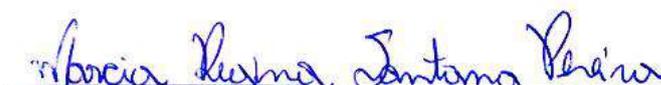
WENDERSON MAÇÃO PEREIRA

**A FÍSICA DAS ESTRELAS: A ASTRONOMIA E A ASTROFÍSICA
COMO CAMINHOS PARA ENSINAR FÍSICA MODERNA E
CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

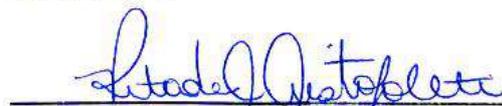
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino na Educação Básica.

Aprovada em 16 de março de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA



**Profa. Dra. Márcia Regina Santana
Pereira**
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora



Profa. Dra. Rita de Cássia Cristofoleti
Universidade Federal do Espírito Santo



Profa. Dra. Débora Schmitt Kavalek
Universidade Federal do Espírito Santo

O temor do Senhor é o princípio do conhecimento, mas os insensatos desprezam a sabedoria e a disciplina (PROVÉRBIOS 1:7).

O escritor é admirado pela sua capacidade de descrever fatos que nunca ocorreram; ele deve ser capaz de construir uma realidade. O artista plástico deve trazer à tona a beleza do inusitado, usando diferentes cores e formas. Porém essa 'licença poética' para interpretar o mundo não é admitida no trabalho do cientista, pelo menos não explicitamente (PEREIRA, 2009, p. 13).

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, aquele que me deu o sopro de vida e a oportunidade de passar por essa experiência fantástica, sempre me sustentando, dando-me o discernimento nas horas difíceis e tornando ainda melhores os momentos felizes.

À minha mãe Regina e ao meu saudoso pai João (faz-me tanta falta), que lutaram para que eu me tornasse um ser humano melhor.

À minha amada esposa Lara, um presente de Deus na minha vida, por sempre estar ao meu lado incentivando e dando-me sua maravilhosa companhia todos os dias.

Ao meu filho Arthur, que é meu tesouro e minha força, fruto do amor com a Lara e herança do Senhor.

Aos meus irmãos, Fabiano e Kelly, que mesmo distantes sempre me deram apoio.

Aos meus sogros, Josiléia e Lacerda, pessoas que considero como mãe e pai, que sempre me apoiam e orgulham-se das minhas conquistas.

À minha Professora Márcia, pelos conhecimentos que me passou, também pelo seu jeito alegre e carinhoso para comigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por cuidar da minha vida, guardando-me dos perigos e dando-me sabedoria e paciência nas tantas horas dedicadas para a realização desse sonho.

À minha mãe Regina, pelo amor incondicional que me fez ter forças e ânimo para enfrentar e vencer todos os desafios e obstáculos durante esta jornada.

À minha esposa Mestra Lara, que atuou como uma co-orientadora, ajudando-me muito na elaboração do meu texto da dissertação.

Ao meu filho Arthur, que sempre estava no escritório perguntando-me: “Pai, você já acabou de escrever, ainda falta quanto?”. O simples fato de existir já é motivação para minha vida.

Aos meus irmãos Fabiano e Kelly, minha sogra Josiléia e meu sogro Lacerda, pelo apoio, pela torcida e pelo orgulho sentido em minha conquista.

À minha orientadora Dra. Marcia Regina, pelo profissionalismo e conhecimento transmitidos a mim, ajudando-me na produção desta pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Rita e Dra. Débora, que tão prontamente se disponibilizaram e ajudaram com o compartilhamento de seus conhecimentos, fundamentais à realização deste trabalho.

A todos os professores e funcionários do CEUNES, pela competência e dedicação que desprendem para o sucesso deste programa de mestrado.

Aos meus colegas de mestrado, em especial, Leida, Lainy, Manuela e Taísa, pela amizade, pela companhia nas viagens e pelas risadas. E para vocês quero dizer: **CONSEGUIMOS!**

A todos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado me apoiando.

Enfim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste sonho. Muito obrigado!

RESUMO

A presente pesquisa tem como proposta realizar uma análise crítica sobre a apropriação de conceitos de Física Moderna e Contemporânea numa turma da 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública do município de São Gabriel da Palha-ES, na qual utilizamos como caminhos para a motivação do processo de ensino-aprendizagem, tópicos da Astronomia e Astrofísica, utilizando como ferramentas metodológicas atividades de perspectiva investigativa. Para o desenvolvimento da pesquisa, baseamo-nos teoricamente na teoria histórico-cultural de Vygotsky (2000, 2001, 2005 e 2007) e de outros autores que discorrem sobre seu estudo. A investigação foi desenvolvida sob uma concepção qualitativa, tendo como instrumentos de coleta de dados, o diário de campo e a áudio-gravação. Assim, primeiramente realizamos um grupo focal com os participantes da pesquisa, a fim de avaliarmos sua evolução de conceitos sobre o Sol e a produção de energia nuclear. Em outro encontro, foi realizado um momento de observação astronômica com a utilização de um telescópio. Realizamos, também, alguns encontros nos quais foram desenvolvidos experimentos e atividades investigativas com a finalidade de analisar o processo de formação de conceitos científicos em relação aos temas propostos, com a abordagem de tópicos da Física Moderna e Contemporânea. Assim, entendemos como fatores importantes para atingir os objetivos propostos nessa pesquisa, os trabalhos em grupo, os quais promovem a interação e a troca de experiências entre os participantes da pesquisa. Nesse contexto, visualizamos também o papel fundamental do professor como elemento mediador no processo de aprendizagem. Nossa pesquisa pretende contribuir com alternativas para tornar o ensino da Física mais atrativo para os alunos, mostrando que os conteúdos desse componente curricular não se resumem apenas em resolução de problemas descontextualizados em modelos matemáticos.

Palavras-chave: Ensino da Física. Astronomia e Astrofísica. Perspectiva Histórico-Cultural. Atividades Investigativas.

ABSTRACT

This research proposes to carry out a critical analysis on the appropriation of concepts of Modern and Contemporary Physics in a class of the 2nd Grade of High School of a public school in the city of São Gabriel da Palha-ES, in which we use as paths for motivation the teaching-learning process, topics in Astronomy and Astrophysics, using activities in investigative perspective as methodological tools. For the development of the research, we theoretically base ourselves on the socio-historical theory of Vygotsky (2000, 2001, 2005 and 2007) and other authors who discuss their study. The investigation was carried out under a qualitative conception, having as instruments of data collection, the field diary and the audio-recording. Thus, we first conducted a focus group with the research participants, in order to assess their evolution of concepts about the Sun and the production of nuclear energy. In another meeting, a moment of astronomical observation was carried out using a telescope. We also held some meetings in which experiments and investigative activities were developed, with the purpose of analyzing the process of forming scientific concepts in relation to the proposed themes, with the approach of topics of Modern and Contemporary Physics. Thus, we understand as important factors to achieve the objectives proposed in this research, group work, which promote interaction and exchange of experiences among the participants of the research. In this context, we also see the fundamental role of the teacher as a mediating element in the learning process. Our research intends to contribute with alternatives to make the teaching of Physics more attractive for students, showing that the contents of this discipline are not limited to solving problems out of context in mathematical models.

Keywords: Physics teaching. Astronomy and Astrophysics. Historical-Cultural Perspective. Investigative Activities.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dissertações com os temas relacionados à Astronomia	29
Tabela 2 - Dissertações com os temas relacionados à FMC	29
Tabela 3 - Dissertações com os temas relacionados às atividades investigativas	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Unidades temáticas do Tema 6 dos PCN+	39
Quadro 2 - Sequências para o ensino de Física no Ensino Médio.....	41
Quadro 3 - Principais competências gerais em Física esperadas na conclusão da Educação Básica.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de Aplicação de Atividades Investigavas adaptado ao texto da NTSA (2018)	67
Figura 2 - Esquema de desenvolvimento das atividades investigativas	68
Figura 3 - Ciclo das atividades investigativas	69
Figura 4 - Ciclo do desenvolvimento de atividades investigativas	70
Figura 5 - Palestra "Observação do céu noturno"	76
Figura 6 - Experimento para localização de astros no céu noturno	77
Figura 7 - Grupo Focal: O Sol e a origem dos elementos químicos	78
Figura 8 - Grupo Focal: Representação do Sol antes da apresentação	79
Figura 9 - Grupo Focal: Representação do sol após a apresentação	79
Figura 10 - Visão do Software Stellarium no dia 10/10/2019, às 19h27min.	80
Figura 11 - Momento do debate na atividade sobre nucleossíntese dos elementos químicos	82
Figura 12 - Montagem do experimento de reação em cadeia	84
Figura 13 - Experimento para simular a reação em cadeia	84
Figura 14 - Ilustração do espectro de uma estrela	85
Figura 15 - Funcionamento do Espectroscópio	85
Figura 16 - Tipos de Espectros	86
Figura 17 – Espectroscópio construído pelos alunos participantes da pesquisa, modelo de Barros, Assis e Langhi (2013).	86
Figura 18 - Espectro obtido com o primeiro espectroscópio construído pelos alunos.	87
Figura 19 - Espectroscópio construído pelos alunos, modelo de Camiletti (2006)	87
Figura 20 - Espectros obtidos pelo espectroscópio, modelo de Camiletti (2006)	87
Figura 21 - Representação do Sol do aluno Júpiter (1º momento)	93
Figura 22 - Representação do Sol do aluno Marte (1º momento)	94

Figura 23 - Representações do Sol da aluna Luz	96
Figura 24 - Montagem do experimento que demonstra a reação em cadeia	102
Figura 25 - Experimento com o espectroscópio (Grupo 1)	107
Figura 26 - Experimento com o espectroscópio (Grupo 2)	107
Figura 27 - Experimento com o espectroscópio (Grupo 3)	107
Figura 28 - Representações do Sol da aluna Luz	145
Figura 29 - Representações do Sol do aluno Sol	145
Figura 30 - Representações do Sol do aluno Marte	146
Figura 31 - Representações do Sol do aluno Urano	146
Figura 32 - Representações do Sol da aluna Terra.....	147
Figura 33 - Representações do Sol do aluno Netuno.....	147
Figura 34 - Representações do Sol do aluno Júpiter	148
Figura 35 - Representações do Sol da aluna Galáxia	148
Figura 36 - Representações do Sol do aluno Cometa.....	149
Figura 37 - Representações do Sol da aluna Estrela	149
Figura 38 - Representações do Sol do aluno Saturno.....	150
Figura 39 - Representação da Usina Nuclear - Grupo 01	151
Figura 40 - Representação da Usina Nuclear - Grupo 2	151
Figura 41 - Representação da Usina Nuclear - Grupo 3	152

LISTA DE SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEUNES	Centro Universitário Norte do Espírito Santo
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
EEEFM	Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio
FMC	Física Moderna e Contemporânea
IFES	Instituto Federal do Espírito Santo
LaPEF	Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
NTSA	National Science Teachers Association
PCN	Parâmetros Nacionais Curriculares
PCN+	Orientações Educacionais Complementares aos PCN
PCNEM	Parâmetros Nacionais Curriculares do Ensino Médio
PPP	Projeto Político Pedagógico
PSSC	Physical Science Study Committee
RiUfes	Repositório Institucional da UFES
SRE	Superintendência Regional de Educação
UAB	Universidade Aberta do Brasil
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 1 - A UTILIZAÇÃO DA ASTRONOMIA COMO CAMINHO MOTIVADOR PARA O ENSINO DA FÍSICA	24
CAPÍTULO 2 - COMPREENDENDO PENSAMENTOS E SABERES NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA FÍSICA	28
2.1 UM DIÁLOGO COM AS PESQUISAS QUE TRATAM DA UTILIZAÇÃO DO ENSINO DA ASTRONOMIA	31
2.2 UMA BREVE DESCRIÇÃO DAS PESQUISAS QUE TRATAM DA FMC NA EDUCAÇÃO BÁSICA	32
2.3 UMA DESCRIÇÃO DAS PESQUISAS QUE TRATAM DA UTILIZAÇÃO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE FÍSICA	35
CAPÍTULO 3 - OS PILARES QUE FUNDAMENTAM TEORICAMENTE A PESQUISA	37
3.1 UMA ANÁLISE NA LEGISLAÇÃO: O ENSINO DA ASTRONOMIA E DA FÍSICA NO BRASIL	37
3.1.2 O ensino da Física nos documentos oficiais	39
3.1.2.1 As competências em Física.....	41
3.1.2.2 Temas estruturadores para o ensino de Física	43
3.1.3 A Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica	44
3.2 A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM DA FÍSICA.....	46
3.2.1 A Mediação	48
3.2.2 A Zona de Desenvolvimento Proximal	51
3.2.3 A formação de conceitos	53
3.2.3.1 A contribuição do professor na formação de conceitos	57
3.2.3.2 A importância dos grupos no processo de aprendizagem.....	58
3.2.4 A Teoria de Vygotsky no ensino da Física	59
3.3 ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DA FÍSICA	60
3.3.1 Um breve histórico sobre o ensino por investigação	61
3.3.2 Atividades investigativas: conceitos	64
3.3.3 Atividades investigativas: modelos	67
CAPÍTULO 4 - CONSTRUINDO O PERCURSO DA PESQUISA COM BASE NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL	72
4.1 BASES TEÓRICAS E AS FRENTES DE TRABALHO DA PESQUISA ADOTADAS EM NOSSA INVESTIGAÇÃO	73
4.1.1 Abordagem qualitativa da pesquisa	73
4.1.2 O objeto de estudo	73

4.1.3 Caracterização do local e dos participantes da pesquisa	74
4.1.4 Requerimento e autorizações para início da investigação	74
4.1.5 A pesquisa documental	75
4.1.6 Como observar o céu noturno	76
4.1.7 O grupo focal	77
4.1.8 Momento de observação do céu	80
4.1.9 As atividades investigativas.....	81
4.1.9.1 Atividade sobre a origem dos elementos químicos (nucleossíntese estelar)	81
4.1.9.2 Atividade sobre a utilização da energia nuclear (fusão e fissão nuclear)	82
4.1.9.3 Construção de um espectroscópio	85
4.1.10 Os procedimentos de coleta e análise dos dados	88
4.1.10.1 Os instrumentos para a coleta dos dados	88
4.1.10.2 A análise dos dados: metodologia.....	88
CAPÍTULO 5 - DESVENDANDO A PESQUISA E DIALOGANDO COM OS DADOS	90
5.1 A ASTRONOMIA E A ASTROFÍSICA COMO CAMINHOS MOTIVADORES NO ENSINO DA FÍSICA	91
5.2 AS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS	98
CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
REFERÊNCIAS.....	114
APÊNDICE A	124
APÊNDICE B	126
APÊNDICE C	128
APÊNDICE D	131
APÊNDICE E	136
ANEXO 01.....	145
ANEXO 02.....	151

INTRODUÇÃO

Não basta ensinar ao homem uma especialidade. Porque se tornará assim, uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. A não ser assim, ele se assemelhará, com seus conhecimentos profissionais, mais a um cão ensinado do que a uma criatura harmoniosamente desenvolvida (EINSTEIN, 1981, p.16).

Inspirado¹ no pensamento de Einstein, vejo que ensinar e aprender vão além de uma preparação para uma profissão. Essas ações devem estar num patamar superior, pautadas no verdadeiro papel transformador do homem no mundo. Pois, se assim não for, a educação transformar-se-á numa fábrica de máquinas limitadas a uma tarefa, sem objetivos e ambições. Pensando assim, entendo que a educação deve proporcionar que o ser humano alcance seu potencial máximo, que seja capaz de pensar e ter consciência da sua importância no meio em que vive.

Recordo-me que, desde os primeiros anos de escola, sempre me interessei pela área de ciências e matemática, na 8ª série do ensino fundamental, quando iniciei o aprendizado da Física, bem superficialmente, eu interessei-me por esse componente curricular, pelos problemas e aplicação de fórmulas. Quando ingressei no Ensino Médio, na época curso Técnico em Contabilidade, tive pouco contato com a Física, mas sempre tentava aproveitar ao máximo as aulas. De certa forma, eu era uma exceção na minha turma, pois o componente curricular não atraía muitos fãs.

No ano de 2001, fui aprovado no vestibular para o curso superior de Tecnologia em Metalurgia e Materiais, no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) e, durante esse período, tive a oportunidade de estudar a Física e diversas outras disciplinas afins. Foi muito desafiador, pois a base que recebi no Ensino Médio não foi suficientemente aprofundada, meus professores de Física não eram habilitados, percebia-se neles a falta de preparo para as aulas, que eram puramente resolução de problemas e aplicação de fórmulas. Fatos esses que me fizeram estudar muito os conteúdos de física do Ensino Médio para conseguir acompanhar os componentes curriculares de Física no Ensino Superior.

¹ Usarei a primeira pessoa do singular para relatar experiência pessoal.

Em 2010, iniciei o curso de Licenciatura em Física, promovido pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), por meio da Universidade Aberta do Brasil² (UAB), porém, por motivos fortuitos, tive que abandonar o curso. Nessa época, um dos alunos do curso levou um telescópio para a aula e tivemos a oportunidade de ir para o pátio e fazer observações da Lua. Fiquei fascinado com o que eu estava vendo, nunca tive uma oportunidade como aquela. Desde então, interessei-me muito pela Astronomia³. E não demorou, adquiri um telescópio também e comecei a observar o céu. E por meio dessa atividade, tive despertada minha curiosidade de aprender, então comecei a pesquisar artigos, vídeos e outras informações sobre Astronomia. Recentemente, no fim de 2018, com aproveitamento das disciplinas que tive na minha graduação, concluí o curso Complementação Pedagógica⁴ em Física, no IFES de Colatina. Atualmente sou Policial Militar do Espírito Santo e não atuo em sala de aula.

Minha trajetória para o mestrado começou com o incentivo da minha esposa, que em 2017 iniciou o Mestrado Profissional em Educação na UFES de Vitória-ES. Seguindo seu exemplo e como também sempre tive o desejo de ter o título de mestre, comecei a pesquisar sobre os processos seletivos dos cursos de pós-graduação da UFES, sendo que me identifiquei com o Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica, Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), na linha de pesquisa Ensino da Física.

Assim, como sempre fui aficionado por assuntos de Astronomia, tendo em vista que esse tema desperta a curiosidade e o fascínio das pessoas por quererem saber o que existe além do nosso planeta, além do que podemos ver, tive a ideia de desenvolver um projeto de pesquisa que utilizasse esse tema como um caminho para motivar o

² Criado pelo Decreto 5.800, de 8 de junho de 2006 – Ministério da Educação, o Sistema UAB foi instituído para "o desenvolvimento da modalidade de educação a distância, com a finalidade de expandir e interiorizar a oferta de cursos e programas de educação superior no País".

³ Segundo o dicionário Michaelis, Astronomia é a ciência que estuda a constituição e o movimento dos astros, suas posições relativas e as leis dos seus movimentos.

⁴ De acordo com o Parecer CNE/CP nº 26/2001, de 2 de outubro de 2001, baseado na Resolução CNE/CP 02/97, é equivalente ao diploma de licenciatura plena para o exercício profissional em todo o território nacional, independente de outros profissionais em atuação no mesmo sistema de ensino. A credencial conferida não é provisória, não depende de condição concomitante, nem tampouco válida por tempo restrito. Ela é definitiva e, nesse sentido, tem o mesmo valor de um diploma de licenciatura, de graduação plena, embora não seja igual a ele.

ensino da Física, inserindo elementos da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica.

Sabemos que a Física não é vista como um componente curricular atrativo para a maior parte dos alunos, considerando que as aulas ministradas se restringem ao modelo tradicional (CASTRO, 2014), apresentando o conteúdo programático apenas com o uso de cálculos matemáticos, com a memorização de fórmulas, sem problematização, sem esclarecer os conceitos físicos e sem contextualizá-los com o dia a dia dos alunos. Sobre isso, os Parâmetros curriculares nacionais destacam:

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas (BRASIL, 2000, p. 22).

Para Saviani (1991), a educação, em relação ao papel da escola, pode ser vista como o processo pelo qual são transmitidos ao aluno, conhecimentos e ações necessárias, a fim de torná-lo capaz de elaborar ideias, tomar atitudes e dominar uma diversidade de conceitos, para que ele possa participar efetivamente da sociedade. Ou seja, “pela mediação da escola, acontece a passagem do saber espontâneo ao saber sistematizado⁵, da cultura popular à cultura erudita” (SAVIANI, 1991, p. 21).

Isso não significa tão somente dominar o conhecimento, mas todo o entendimento a que a educação e a sociedade estão vinculadas. Dessa forma, de acordo com esse autor, entendemos que a forma de ensinar as Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Física, Química e Biologia) precisa de inovações, com uma nova proposta de ensino, deixando de serem componentes curriculares vinculados à memorização de fórmulas e nomenclaturas, como no ensino de Física e suas áreas de conhecimento afins, principalmente.

⁵ Saviani defende o saber sistematizado como uma ferramenta para a compreensão da realidade, possibilitando às classes mais desfavorecidas as condições de defesa em relação às classes dominantes (BATISTA e LIMA, 2013).

Outro ponto a destacar é que os conteúdos ensinados em Física têm predominância nas teorias desenvolvidas até o século XIX, referentes à Física Clássica, abrangendo basicamente a Mecânica, Termodinâmica, Óptica e Magnetismo (MOREIRA, 2014), que não contemplam as descobertas científicas mais recentes. Não estamos desmerecendo de modo algum a importância do ensino da Física Clássica, pois por meio do seu desenvolvimento foi possível chegar a todo o avanço científico atual. Entretanto, Moreira (2014) destaca que o ensino da Física sofre com a falta de material didático que contemple a FMC, desenvolvida a partir do século XX, muito pouco explorada nos livros didáticos, tornando-se indispensável à formação de professores que a utilizem efetivamente no Ensino Médio. Em consonância com nossa realidade atual, Terrazan afirma:

A deterioração da qualidade de ensino verificada, desde alguns anos, nas escolas de 2º grau, sobretudo na rede pública, constitui-se numa situação alarmante que deve exigir uma atenção maior para o problema de formação do profissional que atua no ensino secundário. No caso da disciplina Física, esse problema é agravado pela crescente falta de profissionais formados com habilitação específica na área (TERRAZAN, 1992, p. 213).

Diante das dificuldades enfrentadas, vê-se a necessidade de obter inovações no processo de ensino-aprendizagem da Física, apresentadas de uma forma diferente, lúdica e mais atraente. Assim, entendemos que o ensino da Astronomia, com sua característica multidisciplinar, pode ser utilizado como caminho motivador para a construção dos conceitos científicos, trazendo possibilidades nas práticas de ensino de Física, dando ao educador a oportunidade de mostrar ao aluno que as ciências não são segmentadas.

Frente a essa realidade, surge o grande questionamento: é possível desenvolver alternativas didáticas com a utilização de tópicos da Astronomia e da Astrofísica, como caminhos motivadores para o processo de ensino-aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, por meio de atividades investigativas?

O ensino da Física é o centro de diversas pesquisas, nas quais o objetivo principal está focado no estudante e em como motivar e despertar nele a curiosidade para discutir e aprender tópicos relacionados à Física, com atividades que demonstrem a utilização de suas leis em situações do cotidiano e como isso pode melhorar sua qualidade de vida. Assim, nesta pesquisa discutiremos sobre caminhos, nos quais

almejamos apresentar para os alunos o mundo fascinante da Física, a fim de contribuir para a apropriação do conhecimento dos conteúdos e a aprendizagem de conceitos correspondentes a esse componente curricular.

Nesse contexto, é importante mencionarmos que, assim como em qualquer outro componente curricular, na Física, o professor ocupa um lugar de destaque no processo de ensino aprendizagem, tendo em vista que ele tem o desafio de, através de metodologias atraentes e significativas, despertar o interesse do aluno pela busca e apropriação de conceitos e suas aplicações. Dessa forma, professor e aluno devem estar em sintonia para que a aprendizagem possa acontecer de forma efetiva e permanente. Refletindo sobre o exemplo de um bom professor, Paulo Freire (1996, p. 96) nos traz que:

[...] o bom professor é o que consegue, enquanto fala, trazer o aluno até a intimidade do movimento de seu pensamento. Sua aula é assim um desafio e não uma “cantiga de ninar”. Seus alunos cansam, não dormem. Cansam porque acompanham as idas e vindas de seu pensamento, surpreendem suas pausas, suas dúvidas, suas incertezas.

Assim, na busca por metodologias de ensino de Física que compreendam formas mais atraentes, estabelecemos nesta pesquisa um processo dialógico com alunos do 2º ano de uma escola que atende Ensino Fundamental e Médio no campo do município de São Gabriel da Palha, jurisdicionada pela Superintendência Regional de Educação (SRE) de Nova Venécia⁶- ES, no qual buscamos compor, por meio da interação com esses participantes, subsídios necessários para utilizar a Astronomia e a Astrofísica, para inserir elementos da Física Moderna e Contemporânea⁷ (FMC), como caminhos para o processo de aprendizagem da Física na Educação Básica.

⁶ A Superintendência Regional de Nova Venécia tem jurisdição sobre 09 municípios, dentre eles o município de São Gabriel da Palha, no qual está situada a escola escolhida para a realização da pesquisa. A opção por realizar a pesquisa nessa escola deu-se por conta da proximidade do pesquisador com a instituição e pelo número adequado de alunos na turma escolhida.

⁷ O nascimento da física moderna dá-se com as ideias que já vinham sendo formuladas no final do século XIX, principalmente ao que se trata da questão da relatividade e o efeito fotoelétrico formulado por Einstein, a radiação do corpo negro de Planck e os espectros ópticos da linha brilhante (o átomo de Bohr). Essas questões surgiram de medidas rigorosas e reprodutíveis, mesmo que paradoxais - o tipo de questão que intrigava os melhores físicos da época e despertava o interesse em buscar uma solução lógica que não fugisse muito das leis clássicas, mas isso não foi possível, tendo início assim a Física Moderna e Contemporânea (PEREIRA, 2015).

Diante do exposto, temos como principal objetivo dessa investigação: **analisar criticamente a apropriação de conceitos de Física Moderna e Contemporânea à luz da teoria histórico-cultural, apresentando tópicos da Astronomia e da Astrofísica como caminhos motivadores e facilitadores para o processo ensino-aprendizagem da Física no Ensino Médio.**

Assim, com o escopo de nos fornecer subsídios para alcançarmos esse objetivo durante nossa investigação, propomos os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a evolução dos conceitos dos alunos sobre as atividades do Sol e sobre a energia nuclear, apresentados através de tópicos da Astronomia e da Astrofísica;
- Favorecer a melhor compreensão do aluno quanto às questões de fusão e fissão nuclear, bem como a luz (tópicos da FMC), por meio de atividades investigativas, a fim de despertar o interesse na pesquisa científica e na construção do conhecimento;
- Refletir sobre o processo ensino-aprendizagem com base na teoria histórico-cultural, utilizando tópicos da Astronomia, da Astrofísica e suas contribuições para o ensino da Física.

Para tanto, no primeiro capítulo fizemos uma abordagem sobre a Astronomia, uma ciência que geralmente causa um fascínio nas pessoas, fato esse que nos instiga a utilizar alguns tópicos dessa área do conhecimento, como um caminho possível para a inserção de elementos da FMC no ensino da Física na Educação Básica.

Dialogaremos, no capítulo seguinte, com as pesquisas que se aproximam do tema da nossa investigação, analisando trabalhos que abordam a utilização do ensino da Astronomia e da FMC na Educação Básica e suas contribuições para o ensino da Física, também com trabalhos que abordam o emprego de atividades investigativas⁸ como recurso para as aulas, fazendo uma conexão com o objetivo desta pesquisa.

⁸ Conforme escreve Fernandes (2012), as atividades investigativas “promovem o questionamento e o envolvimento ativo dos alunos, fomentando o trabalho em grupo, estabelecendo relações entre o conhecimento e os resultados obtidos”.

No terceiro capítulo, refletimos sobre a legislação vigente que aborda o ensino de Física e buscamos sustentação teórica na teoria histórico-cultural de Vygotsky, a qual traz a aprendizagem como decorrente da interação social do indivíduo, ou seja, da sua interação com os outros indivíduos e com o ambiente no qual está inserido. A escolha dessa teoria justifica-se por sua contribuição para a melhoria do ensino da Física, sem comprometer os recursos educacionais existentes nas escolas da Educação Básica, ou seja, pode-se trabalhar temas relacionados à Astronomia, com experimentos que utilizam materiais de baixo custo ou vídeos e textos impressos, que em nada comprometeriam a qualidade do ensino e os recursos da escola.

Sabemos que Vygotsky não criou sua teoria baseando-se no aprendizado escolar, entretanto ela é uma fonte de conhecimentos valorosa para pesquisadores que buscam melhores alternativas para o ensino. Especificamente, no ensino da Física, essa teoria pode facilitar o processo de aprendizagem sem precisar de recursos tecnológicos ou métodos sofisticados de ensino. Suas propostas podem ser empregadas em atividades do cotidiano escolar sem investimentos financeiros, considerando que se trata de uma mudança no modo de ensinar e de compreender a relação entre ensino e aprendizagem, na qual utilizaremos o desenvolvimento de atividades investigativas.

As atividades investigativas são desenvolvidas de modo que os alunos aprendam os conceitos e entendam o processo, relacionando-os com seu cotidiano. Essas atividades têm por objetivo fazer com que o estudante entenda melhor o que é a atividade científica, demonstrando que os conceitos aprendidos não estão fora da nossa realidade e têm impacto na sociedade e no meio ambiente (TRÓPIA, 2009).

No quarto capítulo, traçamos os caminhos percorridos durante a investigação. Com base na teoria histórico-cultural de Vygotsky, a pesquisa será realizada numa abordagem qualitativa, com a realização de um grupo focal, a aplicação de atividades investigativas, uma observação astronômica e algumas atividades em grupo, de modo a criar um ambiente mais atraente para a aprendizagem da Física, a fim de estimular os alunos a exporem suas ações e seus métodos durante a análise de um dado problema.

Por fim, no quinto capítulo, após a realização de todas as atividades propostas e de posse dos dados necessários à pesquisa, analisamos os impactos provocados nas ações dos alunos durante as aulas de Física, a evolução conceitual evidenciada por meio dessas atividades, bem como as interações entre seus iguais e o pesquisador, à luz da teoria histórico-cultural. Assim, com base nessa análise, refletimos sobre o processo ensino-aprendizagem com o ensino da Astronomia e da Astrofísica e de que forma isso pode contribuir para que o componente curricular Física se torne mais atraente e eficiente.

Enfim, o anseio em compreender e pensar sobre atitudes inseridas no ensino da Física, que comprometem sua eficácia no processo de aprendizagem dos alunos, pode nos trazer novas perspectivas e possibilidades de mudanças nesse quadro. São esses desafios que nos motivam a produzir essa dissertação de mestrado, tendo em vista que nossas experiências nos proporcionam visualizar e refletir a importância da Física na formação do ser humano e a necessidade de melhorar a qualidade do ensino na sala de aula.

CAPÍTULO I

A UTILIZAÇÃO DA ASTRONOMIA COMO CAMINHO MOTIVADOR PARA O ENSINO DA FÍSICA

[...] o pedagogo⁹ não pode ser nem um prático puro, nem um teórico puro. Ele está entre os dois, ele é esse entremeio. O vínculo deve ser, ao mesmo tempo, permanente e irredutível, pois o fosso entre a teoria e a prática não pode subsistir. É esse corte que permite a produção pedagógica (MEIRIEU, 2002, p. 30).

Refletindo nas Palavras de Meirieu, percebemos que o professor deve ter uma relação estreita entre a teoria e a prática, de modo que sua atuação não fique limitada a um único modo de agir pedagogicamente. Entretanto, no Brasil, o componente curricular de Física sofre pela falta de profissionais habilitados e pelo desinteresse dos alunos nessa área. Sobre isso, Pereira *et al.* destaca que:

No caso da Física, a questão da má-formação e o desinteresse do aluno de ensino médio em prosseguir numa carreira nessa área não é trivial, e o que se observa atualmente em todas as pesquisas realizadas é um déficit enorme de licenciados em Física, fator este que ao ser associado aos baixos salários dos profissionais da educação e às condições precárias de infraestrutura vivenciadas pelas escolas, certamente não será solucionado nas próximas décadas. Entretanto, precisa-se que ações sejam realizadas para minimizar esta situação e estas, inevitavelmente, estarão ligadas aos professores de Física (PEREIRA *et al.*, 2009, p. 3).

Diante desse cenário e levando em conta que a Física abrange uma grande área do conhecimento científico, que está diretamente ligada ao cotidiano dos alunos e que geralmente envolve assuntos que lhes despertam a curiosidade, torna-se necessário o desenvolvimento de novas formas de ensinar, as quais possam aproveitar o conhecimento dos alunos e dirigi-los para temas que despertem o interesse em aprender.

Então, da mesma forma que a Astronomia despertou nesse pesquisador a curiosidade para pesquisar e buscar conhecimento, a presente pesquisa tem por finalidade apresentar a Astronomia a fim de introduzir elementos da FMC, com tópicos da Astrofísica¹⁰, na Educação Básica, como proposta para motivar e promover o

⁹ Para Philippe Meirieu, escritor francês, “pedagogo” trata-se da figura do professor.

¹⁰ Segundo o dicionário Michaelis, Astrofísica é o ramo da Astronomia que trata da constituição material, composição química, estrutura e origem das estrelas e de outros corpos celestes, com base nas leis e princípios da física; física cósmica.

conhecimento científico durante o processo de aprendizagem da Física, destacando a promoção do entendimento dos conceitos dentro de um contexto científico, por meio de atividades criativas e desafiadoras, servindo de ferramenta para que a escola aperfeiçoe o ensino e favoreça ao aluno a melhor compreensão das questões desse componente curricular.

Eu fui criança num tempo de esperança. Queria ser cientista desde os primeiros dias de escola. O momento que marcou essa vontade foi quando entendi pela primeira vez que as estrelas são sóis poderosos, quando comecei a compreender que elas devem estar tremendamente distantes para surgirem como simples pontos de luz no céu. Nem sei se já conhecia a palavra ciência naquele tempo, mas queria de algum modo mergulhar em toda essa grandiosidade (SAGAN, 1996, p. 30).

Refletindo sobre as palavras de Sagan, vemos que o estudo do Universo atrai e fascina muitos estudantes, despertando a curiosidade, fator fundamental para o sucesso do processo de aprendizagem. Sendo assim, a utilização de problemas e questões da Astronomia na escola, oportuniza aos professores o aproveitamento desse fascínio natural do aluno por esse tema, como afirma Langhi e Nardi:

[...] o ensino de astronomia para o ensino médio deve ser tratado de tal maneira, que contemple temas transversais, privilegiando, assim, a interdisciplinaridade inerente à astronomia, pois, por se tratar de um assunto que desperta a curiosidade dos estudantes, esta ciência poderá ser utilizada como um fator de motivação para a construção de conhecimentos de outras disciplinas relacionadas (LANGHI; NARDI, 2012, p. 141).

Já Oliveira Filho e Saraiva escrevem que:

O estudo da astronomia tem fascinado as pessoas desde os tempos mais remotos. A razão para isso se torna evidente para qualquer um que contemple o céu numa noite limpa e escura. Depois que o Sol, nossa fonte de vida, se põe, as belezas do céu noturno surgem em todo o seu esplendor. A Lua irmã da Terra se torna o objeto celeste mais importante, continuamente mudando de fase. As estrelas aparecem como uma miríade de pontos brilhantes, entre as quais os planetas se destacam por seu brilho e movimento. E a curiosidade para saber o que há além do que podemos enxergar é inevitável (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2000, p. XV).

Assim, além do fascínio natural que causa nas pessoas, o ensino da Astronomia pode levantar temas que contemplem vários níveis de ensino e de diversas áreas de conhecimento, atuando como um agente integrador, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (BRASIL, 2000), que propõem a contextualização e a interdisciplinaridade no processo ensino-aprendizagem. Nesse pensamento, destacamos a importância que o aprendizado da Física tem na vida do estudante, pois através dele podem-se entender vários fenômenos do cotidiano, além de desenvolver

no aluno o pensamento científico. Sobre isso, encontramos nos Parâmetros Nacionais Curriculares do Ensino Médio (PCNEM) o seguinte registro:

[...] o conhecimento de Física deixa de constituir um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir (BRASIL, 2006, p. 61).

A introdução da Astronomia no currículo da Educação Básica está prevista na Lei de Diretrizes e Bases (BRASIL, 1996) que, juntamente aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1999), deu ao Ensino Fundamental uma essência transversal ao tema “Terra e Universo”, na qual a Astronomia está evidente. Já no Ensino Médio, os PCN colocam que a Astronomia deve ser abordada como tema interdisciplinar dentro do componente curricular da Física, na qual se propõe a discussão de temas como a movimento dos astros do nosso sistema solar, gravitação, dentre outros.

Neste contexto, com todo o desenvolvimento tecnológico e científico na Astronomia nas últimas décadas, temas como a Astrofísica e a Cosmologia¹¹ também se tornaram ramos da Física que ampliaram seus modelos e formas de análise. Assim, podemos ver que a Astrofísica tem um papel de destaque nesse cenário, quando se iniciaram as observações do céu por outros comprimentos de onda do espectro eletromagnético, nas quais podemos ver aquilo que está além do visível. Desta forma, a Astrofísica abordada com a utilização de tópicos da Astronomia pode contribuir para o ensino da Física.

Além disso, o ensino da Astronomia apresenta diversos aspectos que justificam sua importância na Educação Básica, considerando que essa é uma ciência que sempre fez parte da história do homem e que sempre despertou a curiosidade em descobrir aquilo que está além dos nossos olhos. Assim, vemos que a discussão de assuntos relacionados a essa ciência em sala de aula é capaz de atrair a atenção dos alunos, provocar questionamentos, reflexões e debates, podendo contribuir na construção do

¹¹ A cosmologia é o estudo do Universo como um todo. Essa ciência é um ramo da astronomia que estuda o Universo desde os primeiros instantes da sua existência, como ele se desenvolveu, chegando ao estado atual. A cosmologia também estuda a estrutura do Universo, bem como possíveis cenários para o futuro do mesmo (SITE ASTRONOMIA, 2019).

conhecimento e na formação de novos conceitos, servindo como um caminho para a motivação no ensino da Física, além de poder contribuir, também, em diversos outros componentes curriculares, como exemplifica Gonzales *et al.* (2004, p. 2):

Tem-se como meta estimular a criatividade e a curiosidade científica dos estudantes e oferecer aos professores subsídios que permitam a dinamização de conteúdos curriculares. Por exemplo, na pesquisa do tamanho dos planetas e da relação entre eles, o conceito de proporção pode ser abordado; na construção de um foguete podem ser introduzidos conceitos de geometria, em duas e três dimensões, e abordadas as conquistas espaciais provocando reflexão sobre os benefícios que estas trouxeram para a humanidade; na montagem de um espectroscópio (utilizando uma caixinha e um pedaço de CD), além do reconhecimento de que a matéria é estruturada a partir de elementos químicos e de que cada um deles possui características específicas que o identificam, criam-se condições para que os alunos compreendam um pouco da natureza da luz, que é a principal fonte de informação sobre as estrelas. Assim, cria-se um estímulo para os estudantes, capturando sua atenção, despertando sua imaginação e interesse, de modo a tornar o ato de estudar mais prazeroso (GONZALES *et al.*, 2004, p. 2).

São inúmeras as possibilidades de assuntos que podem ser abordados dentro da Astronomia, principalmente no ensino da Física. Percebemos que utilizar temas da Astronomia para o ensino da Física é um caminho que pode proporcionar uma nova imagem para essa área do conhecimento, tornando-a mais atrativa. A Astronomia desperta o encanto dos alunos pelo universo e traz diversos conceitos científicos atrelados a diversos componentes curriculares. Desta forma, podemos introduzir tópicos da FMC, como o estudo do espectro da luz, a fusão e a fissão nuclear, a radiação, dentre outros assuntos em que tópicos da Astronomia possam servir como caminhos motivadores e mediadores para a formação de novos conceitos científicos nos alunos.

Percebemos que a Física, quando introduzida por meio de metodologias que utilizam atividades práticas, que possam desafiar e motivar a curiosidade dos alunos, permite que eles demonstrem mais interesse por esse componente curricular. Deste modo, quando usamos atividades investigativas com assuntos relacionados à Astronomia, em algumas das atividades propostas, almejamos alunos motivados e ansiosos pela apropriação do conhecimento, para que a aprendizagem seja de fato efetiva e duradoura.

CAPÍTULO II

COMPREENDENDO PENSAMENTOS E SABERES NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA FÍSICA

Havendo um jardineiro, mais cedo ou mais tarde um jardim aparecerá. Mas, havendo um jardim sem jardineiro, mais cedo ou mais tarde ele desaparecerá. O que é um jardineiro? Uma pessoa cujo pensamento está cheio de jardins. O que faz um jardim são os pensamentos do jardineiro. O que faz um povo são os pensamentos daqueles que o compõem (ALVES, 2007, p. 24-25).

Nas palavras de Rubem Alves podemos refletir sobre o papel do pesquisador no campo científico, pois sem o pesquisador, que podemos comparar ao jardineiro, não haveria a pesquisa, o conhecimento, ou seja, nas palavras do autor, os jardins. Neste capítulo faremos um diálogo entre nossa investigação e algumas relevantes pesquisas realizadas nesta área do conhecimento, vislumbrando diversos saberes e ideias com a finalidade de criar possibilidades para apoiar nossa investigação.

Nesse contexto, buscamos dados em outras pesquisas (dissertações) que se aproximam do nosso tema, por meio de levantamento de dados de investigações realizadas entre os anos de 2014 e 2018. Esse recorte temporal é justificado levando em consideração que observamos nesse período, uma maior concentração de trabalhos realizados sobre os temas relevantes para nossa pesquisa.

Na realização do levantamento dessas pesquisas, valemo-nos de dois bancos de dados: Repositório Institucional da UFES (RiUfes), Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Para tanto, foram utilizados como descritores: astronomia; ensino da física; física moderna e contemporânea; atividades investigativas. Com base nesses descritores, selecionamos dezessete (17) dissertações, nas quais os temas e as propostas se aproximam da nossa investigação, oriundos de estudos acadêmicos e mestrados profissionais, sendo seis (06) sobre utilização do ensino da Astronomia, seis (06) com temas relacionados à FMC e cinco (05) dissertações que utilizam como propostas as atividades investigativas em suas metodologias, como mostrados nas tabelas a seguir:

Tabela 1 - Dissertações com os temas relacionados à Astronomia

A Astronomia Ensino da Física				
Nº	Ano	Autor	Instituição	Título
1	2014	Marconi Frank Barros	Universidade Federal do Espírito Santo	Os movimentos dos planetas e os modelos de universo: uma proposta de sequência didática para o ensino médio
2	2015	Arthur Vinícius Resek Santiago	Universidade de São Paulo	O potencial da observação no ensino de astronomia: um estudo do conceito de energia
3	2016	Geysa Frinhani	Universidade Federal do Espírito Santo	O uso da astronomia como eixo temático motivador para introdução ao estudo de cinemática no ensino médio
4	2016	Cleriston da Paz Bezerra	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte	O ensino-aprendizagem da astronomia a partir dos conhecimentos prévios dos alunos no fundamental II
5	2016	Ádila Motta Leite Seferin	Universidade Federal do Espírito Santo	Cosmologia e atividades investigativas no ensino médio: um estudo sobre os efeitos dessa abordagem sobre a aprendizagem dos estudantes
6	2018	Carlos Augusto Ferreira	Universidade Federal do Espírito Santo	Medidas de distância em astronomia: uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino médio

Fonte: Elaboração do autor (2019).

Tabela 2 - Dissertações com os temas relacionados à FMC

A FMC no Ensino da Física				
Nº	Ano	Autor	Instituição	Título
1	2014	Rafael Figueira	Universidade Federal de São Carlos	Abordagem temática e a introdução de conteúdos de física moderna e contemporânea no ensino médio: uma primeira aproximação
2	2014	Eduardo Gois	Universidade de Passo Fundo	Contribuição da educação estética para o ensino de física moderna e contemporânea
3	2014	David Menegassi Vieira	Universidade Federal do Espírito Santo	Supercondutividade: uma proposta de inserção no ensino médio
4	2015	Gabriela Brito Ortelan	Universidade Federal de São Carlos	Potencialidades de notícias publicadas por mídias de grande acesso para a inserção de física moderna no ensino médio – o caso LHC

Nº	Ano	Autor	Instituição	Título
5	2017	Merielem Menezes Ludovico	Universidade Federal do Espírito	Proposta de um jogo didático para a abordagem do tema física de partículas com alunos do ensino médio
6	2018	Kleidiani Moreira Monico	Universidade Federal do Espírito Santo	Dualidade onda-partícula: uma sequência didática para o ensino médio com foco em atividades investigativas

Fonte: Elaboração do autor (2019).

Tabela 3 - Dissertações com os temas relacionados às atividades investigativas

Atividades Investigativas no Ensino da Física				
Nº	Ano	Autor	Instituição	Título
1	2014	Alexander Aparecido Silva	Universidade Federal do Espírito Santo	Experimentos e experiências na sala de aula: potencialidades pedagógicas das atividades investigativas no ensino de física
2	2014	Whornton Vieira Pereira	Universidade Federal do Espírito Santo	Propostas de utilização de sequências didáticas investigativas para o estudo do conceito de velocidade no ensino médio
3	2015	João Mauro da Silva Júnior	Universidade Federal do Espírito Santo	A construção de conhecimentos científicos nas aulas de física utilizando atividades investigativas
4	2017	Giovane Pereira Rodes	Universidade Federal do Espírito Santo	O processo de implementação de uma sequência de ensino investigativa e o desenvolvimento de conceitos relacionados à hidrostática no ensino médio
5	2018	Timóteo Ricardo Campos De Farias	Universidade Federal do Espírito Santo	O impacto do uso de atividades investigativas na motivação em aprender física

Fonte: Elaboração do autor (2019).

Podemos perceber durante a leitura dessas pesquisas, que elas visam de alguma forma, a mudança na maneira de ensinar a Física, as quais utilizam de ferramentas, tais como o ensino da Astronomia, conceitos da FMC e as atividades, que são capazes de motivar, desafiar e tornar prazeroso estudar os conceitos físicos que também foram utilizadas na nossa investigação.

2.1 UM DIÁLOGO COM AS PESQUISAS QUE TRATAM DA UTILIZAÇÃO DO ENSINO DA ASTRONOMIA

Iniciando nosso diálogo com as pesquisas que tratam da utilização do ensino da Astronomia, começaremos apresentando a dissertação de Barros (2014). Nessa investigação o autor coloca como objetivo principal, entender os conhecimentos prévios e conceitos espontâneos dos alunos sobre Astronomia para poder contribuir de forma significativa com o seu aprendizado, a fim de que eles adquiram novos conhecimentos. Esse trabalho traz algumas proposições que queremos alcançar em nossa pesquisa, que se fundamentam em avaliar os conhecimentos prévios, os conceitos espontâneos dos alunos e a construção de conceitos científicos.

Santiago (2015) traz em seu trabalho a proposta de uma atividade que, a partir da observação astronômica, leve à elaboração de conceitos da Física, com motivação para aprender. Sua pesquisa tem como objetivo investigar uma forma de desenvolver o conceito de energia com a utilização da Astronomia, na qual os alunos têm participação ativa na aprendizagem.

Em sua dissertação, Frinhani (2016) relata que a Astronomia é um campo altamente motivador para professores e alunos, tendo em vista que trata na sua essência do sentido da existência humana. Para tanto, a autora traz uma proposta didática para o ensino de Cinemática, com atividades que contextualizam a Astronomia como ferramenta mediadora na aprendizagem da Física e apresenta uma análise da utilização da Astronomia no desenvolvimento dos conteúdos de Física nos livros didáticos.

Bezerra (2016), destaca em seu trabalho que o “ensino da Astronomia é uma ferramenta com potencial para melhorar a qualidade do ensino de ciências na Educação Básica”. Sua proposta é investigar a realidade de alunos de comunidades pesqueiras sobre conhecimentos de Astronomia, partindo dos seus conceitos espontâneos. Em sua pesquisa, a autora também verificou que houve avanços na aprendizagem dos estudantes, bem como uma mudança nas metodologias de ensino dos professores, diante dos conteúdos de Astronomia.

Ferreira (2018) apresenta a proposta de elaborar uma estratégia para despertar nos alunos o interesse pela aprendizagem dos componentes curriculares da área de ciências e tecnologias. Na sua investigação, o autor destaca a Astronomia como uma ciência que desperta o interesse dos alunos em idade escolar, a qual serve de ferramenta importante para o ensino das ciências naturais.

Refletindo sobre as pesquisas de Santiago (2015), Frinhani (2016), Bezerra (2016) e Ferreira (2018), vemos que suas propostas vêm ao encontro dos objetivos da nossa investigação, de apresentar tópicos da Astronomia como caminhos para motivar o ensino das ciências naturais, sendo que, no nosso caso, para o ensino da Física, no qual abordaremos a inserção de tópicos da FMC.

Já na pesquisa de Seferin (2016), é apresentado como objetivo principal da investigação, a compreensão de como o ensino por investigação pode contribuir para a aprendizagem de conteúdos de FMC e de tópicos de Cosmologia no Ensino Médio, dentro da história da “Evolução do Universo’. Nesse trabalho verificamos que além da utilização de atividades investigativas, a autora usa a história da “Evolução do Universo”, tema relacionado com a Astronomia, para inserir tópicos da FMC no Ensino Médio. Essas propostas também estão diretamente relacionadas com nossa temática e o que nos propomos alcançar com nossa pesquisa.

Podemos observar que o ensino da Astronomia pode ser um caminho fértil para o ensino das ciências naturais, principalmente assuntos relacionados à Física. Esse fato se deve ao interesse e ao fascínio do homem pelo que há além do nosso planeta. Assim, com a utilização de tópicos da Astronomia, acreditamos que o componente curricular de Física possa deixar de ser “*temido*” pelos estudantes, sendo visto como uma fonte de conhecimento científico e como uma forma de entender nosso lugar no Universo.

2.2 UMA BREVE DESCRIÇÃO DAS PESQUISAS QUE TRATAM DA FMC NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Nos trabalhos que tratam da FMC na Educação Básica, trazemos, primeiramente, a dissertação de Figueira (2014). Sua pesquisa tem como principal objetivo investigar

as contribuições da Abordagem temática¹², na perspectiva de Paulo Freire, para que o ensino da Física seja mais contextualizado e atual, de forma que o aluno dê sentido à ciência como forma de compreender o mundo. Dentre seus objetivos específicos destacamos “identificar os referenciais teórico-metodológicos relacionados aos temas e se os autores realizam a incorporação de FMC e como é realizada” (FIGUEIRA, 2014), objetivo esse que se relaciona com um dos propósitos da nossa pesquisa: inserir elementos da FMC na Educação Básica.

Gois (2014) destaca que o ensino da FMC é indispensável no Ensino Médio, não podendo ficar resumido somente na legislação, deve ser de fato aplicado em sala de aula. Para tanto, o objetivo principal desse trabalho aproxima-se muito da nossa pesquisa: investigar como os alunos do Ensino Médio percebem o processo de ensino-aprendizagem da FMC quando expostos às metodologias de ensino que possam promover a aprendizagem de forma lúdica, sem o rigor científico (GOIS, 2014).

Menegassi (2014), professor do Ensino Médio e pesquisador, escreveu em sua pesquisa que, por um lado houve um grande avanço tecnológico nas últimas décadas e as pessoas desfrutam dos benefícios desse avanço, por outro lado, não sabem a sua origem e seus conceitos. Esse fato leva o estudante que sai do Ensino Médio, demonstrar pouco interesse por esses assuntos, principalmente, àqueles relacionados a FMC.

Diante disso, o autor desenvolveu uma sequência didática para abordar o tópico Supercondutividade, que segundo ele é essencial para a formação do cidadão a fim de “exercer sua cidadania numa sociedade altamente tecnológica, sendo capaz de entendê-la e modificá-la” (MENEGASSI, 2014, p. 14). Assim, percebemos a importância da inserção de tópicos da FMC na Educação Básica, um dos objetivos da nossa investigação.

O trabalho de Ortelan (2015) também traz como objetivo despertar a curiosidade por meio de atividades que possam motivar e despertar a curiosidade dos alunos para o aprendizado da Física e, dessa forma, inserir elementos da FMC dentro dessas

¹² O autor utilizou a abordagem temática na perspectiva freireana com incorporação de elementos das relações Ciência-Tecnologia-Sociedade. (FIGUEIRA, 2014, p. 18)

atividades. Podemos perceber, então, que essa pesquisa tem afinidade com nossa proposta de trabalho pois, além de visar despertar o interesse dos estudantes, quer também desenvolver temas da FMC, além da Física Clássica.

A utilização de materiais da mídia de grande acesso por parte do professor pode ser uma ferramenta didática interessante como forma de motivar os alunos, contextualizar os conteúdos e discutir outros elementos presentes no processo de construção do conhecimento científico e sua relação no contexto social de produção desse conhecimento, normalmente ausentes no desenvolvimento da Física Contemporânea (ORTELAN, 2015, p. 4).

Já Ludovico (2017), diante da dificuldade no ensino da Física, elaborou um jogo didático como recurso para abordar o conteúdo “partículas elementares” no Ensino Médio. Esse recurso didático teve a finalidade de contribuir para a socialização dos alunos, com um resultado efetivo no processo de ensino-aprendizagem do tema proposto. Vemos, então, que a utilização de recursos didáticos que despertam a curiosidade dos alunos, são ferramentas importantes para a inserção de tópicos da FMC e para a efetivação do aprendizado.

Na dissertação de Monico (2018), a autora deparou-se com o desafio de abordar o conteúdo “dualidade onda-partícula” (tópico da FMC), de forma a aplicar seus conceitos dentro do cotidiano dos alunos, bem como encontrar problemáticas como ponto inicial para a abordagem do tema. Para tanto, Monico teve como objetivo principal de sua investigação, a utilização de atividades investigativas para reflexão sobre a aprendizagem do conteúdo “dualidade onda-partícula”. Nessa pesquisa podemos identificar uma aproximação de seus objetivos com alguns da nossa pesquisa, fundamentados na inserção de elementos da FMC, com a utilização de atividades investigativas.

Durante os levantamentos das dissertações, notamos que, apesar da importância do tema, ainda são poucos os trabalhos desenvolvidos sobre a inserção de tópicos da FMC na Educação Básica. Diante desse fato, destacamos a necessidade do desenvolvimento de mais pesquisas nessa área, bem como a relevância do nosso tema no cenário atual do ensino da Física.

2.3 UMA DESCRIÇÃO DAS PESQUISAS QUE TRATAM DA UTILIZAÇÃO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE FÍSICA

Iniciamos nossa descrição com as pesquisas que utilizaram atividades investigativas no ensino da Física, expondo o trabalho de Silva (2014), que propõe em sua dissertação analisar os registros produzidos pelos estudantes a fim de obter indícios que evidenciem as potencialidades das atividades investigativas para inserir os alunos na cultura científica, principalmente, na construção dos conceitos físicos e sua correta utilização.

Pereira (2014) propõe na sua pesquisa, analisar se as atividades investigativas contribuem para a evolução dos conceitos espontâneos apresentados pelos alunos em relação ao conceito de velocidade. Também, visa informar os professores quanto a importância da abordagem desses conceitos espontâneos no ensino da Física, mostrando ao professor uma metodologia fora do modelo tradicional.

Em sua pesquisa, Silva Júnior (2015, p. 42) traz como propostas “analisar o processo de construção de conceitos científicos em aulas de Física, fundamentadas no ensino por investigação”. Para isso, foi desenvolvida uma unidade de ensino com atividades investigativas, com a finalidade de compreender e analisar os sentidos e interações produzidas por alunos e professores, bem como se essas ações podem contribuir no processo de aprendizagem. O autor escreve que o desenvolvimento de atividades investigativas oportunizou às aulas de Física, saírem do tradicional apenas com o professor dando o conteúdo e os alunos resolvendo problemas, uma vez que permitiu “debater, comunicar e expor suas hipóteses, seja em pequenos grupos ou em um grupo mais amplo, como a turma por inteiro” (SILVA JÚNIOR, 2015, p. 91).

Continuando, descreveremos a seguir o trabalho de Rodes (2017), que traz em sua pesquisa a proposta de descrever o processo de uma sequência de atividades investigativas, focando na sua contribuição para a formação de conceitos físicos, na qual enfatiza a importância do ensino da Física de uma forma contextualizada, contribuindo para que os alunos percebam o “papel social da ciência e das suas aplicações”.

Para Farias (2018), a proposta para sua pesquisa surgiu de sua inquietação quanto ao desafio de motivar os alunos no componente curricular de Física. Para isso, seu trabalho tem como finalidade buscar metodologias que motivem o aluno, principalmente com a utilização de atividades investigativas, de modo a impactá-lo positivamente em relação ao estudo da Física.

Nessa descrição, chegamos à conclusão de que a utilização de atividades investigativas no ensino da Física mostra-se como uma importante ferramenta para o processo ensino-aprendizagem, tendo em vista que ela cria desafios para os alunos, despertando sua curiosidade na busca pela solução do problema apresentado e, conseqüentemente, construindo os conceitos científicos, objetivo primordial do ensino de ciências.

CAPÍTULO III

OS PILARES QUE FUNDAMENTAM TEORICAMENTE A PESQUISA

Só me interessa escrever quando eu me surpreendo com o que escrevo. Eu prescindo da realidade porque posso ter tudo através do pensamento (LISPECTOR, 1978, p. 64).

Refletindo diante das palavras da autora vemos que o ato de escrever nos faz viajar pelos nossos pensamentos, entretanto, entendemos que, nessa viagem, precisamos alcançar respostas para nossos questionamentos.

Assim, neste capítulo conheceremos os referenciais teóricos que alicerçam o entendimento dos nossos objetivos. Faremos uma análise da legislação que trata sobre o currículo da Física e a Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica, discorreremos sobre as contribuições da teoria histórico-cultural de Vygotsky no processo ensino-aprendizagem e analisaremos a perspectiva de ensino por meio de atividades investigativas.

Baseando-se nessas referências, buscaremos compreender como se dá o aprendizado do aluno por meio de sua interação com o meio e com a utilização dos seus conceitos espontâneos, fazendo uma associação desses conceitos com o papel do professor dentro dessa conjuntura. Buscaremos, também, uma compreensão do ensino por investigação e os elementos basilares para sua idealização e execução na sala de aula.

Nesse sentido, analisaremos nos subtópicos seguintes como o ensino da Astronomia e da Física são discutidos nos documentos Oficiais.

3.1 UMA ANÁLISE NA LEGISLAÇÃO: O ENSINO DA ASTRONOMIA E DA FÍSICA NO BRASIL

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), lei máxima da educação brasileira, em seu artigo 9º, inciso IV, consolida a determinação da Constituição Federal de 1988, na qual compete à União, em consonância com os estados, municípios e Distrito Federal, estabelecer diretrizes para orientar os currículos escolares e seus conteúdos de modo que possa assegurar uma formação básica comum (BRASIL, 1996).

3.1.1 O ensino da Astronomia nos documentos oficiais

Sobre o ensino da Astronomia, no “Tema 6. Universo, Terra e vida”, os PCN+¹³ (BRASIL, 2006) trazem que:

Confrontar-se e especular sobre os enigmas da vida e do universo é parte das preocupações frequentemente presentes entre jovens nessa faixa etária. Respondendo a esse interesse, é importante propiciar-lhes uma visão cosmológica das ciências que lhes permita situarem-se na escala de tempo do Universo, apresentando-lhes os instrumentos para acompanhar e admirar, por exemplo, as conquistas espaciais, as notícias sobre as novas descobertas do telescópio espacial Hubble, indagar sobre a origem do Universo ou o mundo fascinante das estrelas e as condições para a existência da vida como a entendemos no planeta Terra (BRASIL, 2006, p. 78).

A Astronomia, conforme a LDB (BRASIL, 1996) e os PCN's (BRASIL, 1997), encontra-se presente no componente curricular de Ciências, com temas que abrangem movimentos celestes, sistema solar, gravitação universal, história da Astronomia. No Ensino Médio, os PCN+ sugerem o estudo da Astronomia no componente curricular de Física, com um eixo estruturador: “Universo, Terra e Vida”, apesar da legislação reconhecer esse tema como transversal e interdisciplinar (BRASIL, 2006).

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e 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, 2006, p. 60, grifo nosso).

[...] ensinar Física, supõe-se que se esteja preparando o jovem para ser capaz de lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, **concepções de universo**, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante (BRASIL, 2006, p. 61, grifo nosso).

Também nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), no componente curricular Física, nas relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas, trazem o seguinte:

Adquirir uma compreensão cósmica do Universo, das teorias relativas ao seu surgimento e sua evolução, assim como do surgimento da vida, de forma a poder situar a Terra, a vida e o ser humano em suas dimensões espaciais e temporais no Universo (BRASIL, 2006, p. 66).

Para essa compreensão do Universo e suas teorias, o Tema 6. Universo, Terra e vida” - PCN+ (BRASIL, 2006, p. 79) dividem esse tema em três unidades temáticas, como será mostrado no quadro a seguir:

¹³ Orientações Educacionais Complementares aos PCN para o Ensino Médio (BRASIL, 2006).

Quadro 1 - Unidades temáticas do Tema 6 dos PCN+

Unidade Temática	Objetivos
1. Terra e sistema solar	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer as relações entre os movimentos da Terra, da Lua e do Sol para a descrição de fenômenos astronômicos (duração do dia e da noite, estações do ano, fases da lua, eclipses etc.). • Compreender as interações gravitacionais, identificando forças e relações de conservação, para explicar aspectos do movimento do sistema planetário, cometas, naves e satélites.
2. O Universo e sua origem	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer as teorias e modelos propostos para a origem, evolução e constituição do Universo, além das formas atuais para sua investigação e os limites de seus resultados no sentido de ampliar sua visão de mundo. • Reconhecer ordens de grandeza de medidas astronômicas para situar a vida (e vida humana), temporal e espacialmente no Universo e discutir as hipóteses de vida fora da Terra.
3. Compreensão humana do Universo	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer aspectos dos modelos explicativos da origem e constituição do Universo, segundo diferentes culturas, buscando semelhanças e diferenças em suas formulações. • Compreender aspectos da evolução dos modelos da ciência para explicar a constituição do Universo (matéria, radiação e interações) através dos tempos, identificando especificidades do modelo atual. • Identificar diferentes formas pelas quais os modelos explicativos do Universo influenciaram a cultura e a vida humana ao longo da história da humanidade e vice-versa.

Fonte: PCN+ (BRASIL, 2006, p. 79).

3.1.2 O ensino da Física nos documentos oficiais

Sobre o ensino da Física, Silva e Tavares destacam que:

O ensino de física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Apresentação da física como um produto acabado pode induzir o aluno do ensino médio que ele não precisa raciocinar, que basta somente decorar as fórmulas sem entender seu significado físico (SILVA; TAVARES, 2005, p. 2).

Sabemos que a Física é uma das áreas do conhecimento da intitulada ciências da natureza (BRASIL, 2000), a qual tem influenciado substancialmente o grande progresso científico do momento atual. Na educação, a Física tem a finalidade de

proporcionar ao estudante condições para que ele se aproprie do conhecimento científico, considerando que os conceitos e leis da Física servem de base para diversas áreas do conhecimento, como destacadas nos PCN:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação (BRASIL, 2000, p. 22).

Os documentos oficiais da educação brasileira, como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB (BRASIL, 1996) e os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1998a) trazem que o Ensino Médio, principalmente no componente curricular de Física, deve levar o aluno à compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos, por meio da interpretação dos fatos, fenômenos e processos. Sobre isso, os PCN+ (BRASIL, 2006, p. 59) destacam que:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e 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. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado. No entanto, as competências para lidar com o mundo físico não têm qualquer significado quando trabalhadas de forma isolada. Competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos. Elas passam a ganhar sentido somente quando colocadas lado a lado, e de forma integrada, com as demais competências desejadas para a realidade desses jovens. Em outras palavras, a realidade educacional e os projetos pedagógicos das escolas, que expressam os objetivos formativos mais amplos a serem alcançados, é que devem direcionar o trabalho de construção do conhecimento físico a ser empreendido.

Nesse contexto, os PCN+ (BRASIL, 2006) trazem também que os conceitos físicos não terão nenhum significado se forem trabalhados de forma isolada, apenas por meio de fórmulas e cálculos matemáticos. Assim entendemos a importância da interação dos conceitos científicos com o conhecimento trazido pelos alunos, tendo em vista que as competências em Física devem ser construídas em articulação com outros conhecimentos de forma contextualizada. Desta forma, esses conceitos passam a ganhar sentido se forem relacionadas de forma integrada com as demais

competências almejadas para a realidade do aluno, ou seja, “a realidade educacional e os projetos pedagógicos das escolas” devem dar a direção para a construção do conhecimento físico almejado, os quais são divididos em três sequências, conforme demonstrado no quadro abaixo:

Quadro 2 - Sequências para o ensino de Física no Ensino Médio

		1ª série	2ª série	3ª série
Sequência 1	1º semestre	Movimentos: variações e conservações	Som, imagem e informação	Matéria e radiação
	2º semestre	Calor, ambiente e usos de energia	Equipamentos elétricos e telecomunicações	Universo, Terra e vida
Sequência 2	1º semestre	Calor, ambiente e usos de energia	Equipamentos elétricos e telecomunicações	Matéria e radiação
	2º semestre	Movimentos: variações e conservações	Som, imagem e informação	Universo, Terra e vida
Sequência 3	1º semestre	Universo, Terra e vida	Som, imagem e informação	Equipamentos elétricos e telecomunicações
	2º semestre	Movimentos: variações e conservações	Calor, ambiente e usos de energia	Matéria e radiação

Fonte: PCN+ (BRASIL, 2006, p. 81).

De acordo com os PCN+ (BRASIL, 2006), a sequência e a forma de estruturar o conhecimento dependerão da organização do trabalho da escola na área de Ciências da Natureza e de seu projeto pedagógico, que devem contemplar as competências a serem privilegiadas. Assim, adaptando-se a sua realidade, “os objetivos específicos da escola podem gerar novas articulações de competências e conhecimentos” (p. 80).

3.1.2.1 As competências em Física

Os PCN organizaram as competências em Física de forma a integrá-las a outras áreas do conhecimento, relacionando-as principalmente com a investigação e compreensão dos fenômenos físicos, utilizando a linguagem física e a linguagem do aluno, associando o conhecimento com seu contexto histórico e social (BRASIL, 2006). O Quadro 02 mostra, segundo os PCN+ (BRASIL, 2006), as principais competências gerais em Física esperadas na conclusão da Educação Básica.

Quadro 3 - Principais competências gerais em Física esperadas na conclusão da Educação Básica

REPRESENTAÇÃO E COMUNICAÇÃO	INVESTIGAÇÃO E COMPREENSÃO	CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIOCULTURAL
<p>SÍMBOLOS, CÓDIGOS E NOMENCLATURAS DA C&T: Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica;</p> <p>ARTICULAÇÃO DOS SÍMBOLOS E CÓDIGOS DA C&T: Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas;</p> <p>ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE TEXTOS E OUTRAS COMUNICAÇÕES DE C&T Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de C&T veiculados através de diferentes meios;</p> <p>ELABORAÇÃO DE COMUNICAÇÕES Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências;</p> <p>DISCUSSÃO E ARGUMENTAÇÃO DE TEMAS DE INTERESSE DA C&T Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de C&T.</p>	<p>ESTRATÉGIAS PARA ENFRENTAMENTO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA: Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la;</p> <p>INTERAÇÕES, RELAÇÕES E FUNÇÕES; INVARIANTES E TRANSFORMAÇÕES: Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações;</p> <p>MEDIDAS, QUANTIFICAÇÕES, GRANDEZAS E ESCALAS: Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados;</p> <p>MODELOS EXPLICATIVOS E REPRESENTATIVOS: Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos;</p> <p>RELAÇÕES ENTRE CONHECIMENTOS DISCIPLINARES, INTERDISCIPLINARES E INTERÁREAS: Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.</p>	<p>CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA HISTÓRIA: Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social;</p> <p>CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA CULTURA CONTEMPORÂNEA: Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea;</p> <p>CIÊNCIA E TECNOLOGIA NA ATUALIDADE: Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social;</p> <p>CIÊNCIA E TECNOLOGIA, ÉTICA E CIDADANIA: Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania.</p>

Fonte: PCN + Ensino Médio (BRASIL, 2006).

Os PCN+ trazem na coluna “Representação e Comunicação” do Quadro 3, que o aluno deve ter:

O domínio de linguagens, para a representação e a comunicação científico tecnológicas, é um campo comum a toda a ciência e a toda a tecnologia, com sua nomenclatura, seus símbolos e códigos, suas designações de grandezas e unidades, boa parte dos quais já incorporada à linguagem cotidiana moderna (BRASIL, 2006, p. 24).

Na coluna “Investigação e Compreensão” mostra que o aluno precisa ter:

O conhecimento do sentido da investigação científica, de seus procedimentos e As Ciências da Natureza e a Matemática 25 métodos, assim como a compreensão de que estão associados à continuidade entre eles e os métodos e produção tecnológicos, é algo que se desenvolve em cada uma das disciplinas da área e no seu conjunto (BRASIL, 2006, p. 25).

Por fim, na coluna “Contextualização Sociocultural”:

[...] permite o desenvolvimento de várias competências relativas à contextualização sociocultural, como a análise de situações reais presentes no mundo contemporâneo e a articulação de diferentes áreas do conhecimento (BRASIL, 2006, p. 127).

Todo o exposto são competências voltadas para a Física trazidas nos PCN+ (BRASIL, 2006), que vão ao encontro da proposta da nossa investigação, uma vez que visam promover e construir o conhecimento por meio de um processo contínuo através de ações, intervenções e interações. E também, utilizam atividades de forma a privilegiar o desenvolvimento cognitivo do aluno, as quais envolvem diferentes assuntos e conhecimentos, que estão diretamente relacionadas com seu cotidiano.

3.1.2.2 Temas estruturadores para o ensino de Física

Nos PCN+ (BRASIL, 2006) destaca-se que “os temas de trabalho, na medida em que articulam conhecimentos e competências, transformam-se em elementos estruturadores da ação pedagógica, ou seja, em temas estruturadores”, que são:

- Movimentos: variações e conservações;
- Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia;
- Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações;
- Som, Imagem e Informação;
- Matéria e Radiação;
- Universo, Terra e Vida.

Observando os temas estruturados propostos nos PCN+, podemos destacar os temas **Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia; Matéria e Radiação;** e, **Universo, Terra e Vida**, que estão diretamente relacionados com os objetivos principais da nossa investigação, por meio do estudo da Astronomia (Universo) e da Astrofísica (Estrelas: Energia, Matéria e Radiação, que são tópicos da FMC).

3.1.3 A Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica

Schmitt *et al.* (2014, p. 8) entendem que “para entender a ciência, seria necessário entender a física” e vemos que atualmente são grandes as descobertas científicas no campo da Física, a partir dos conceitos da FMC, as quais estão revolucionando tecnologicamente nossas vidas. Nesse contexto, a legislação vigente e os documentos oficiais relacionados à educação evidenciam a proposta da inclusão da Física Moderna e Contemporânea, principalmente no Ensino Médio. A LDB, em seu artigo 35, inciso IV, define que “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” e, no artigo 36, § 1º, inciso I, dentre outros aspectos, que os alunos demonstrem “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna” (BRASIL, 1996).

Os PCN expõem que os conteúdos de Física são muitas vezes abordados em salas de aulas, apenas com a utilização de fórmulas e cálculos matemáticos, com exercícios repetitivos e sem contextualização com a realidade do aluno. Assim, o documento destaca que “é preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada” (BRASIL, 2000, p. 23). Os PCN+ trazem que:

Alguns aspectos da chamada física moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores relacionadas à compreensão do mundo material microscópico (BRASIL, 2006, p. 70).

Deste modo, é necessário o desenvolvimento das competências físicas propostas nos PCN+ (BRASIL, 2006), tornando o aluno capacitado a avaliar com exatidão as informações, permitindo-lhe emitir opiniões e argumentações em relação aos conhecimentos físicos relevantes. Sobre isso os PCN destacam:

[...] o aprendizado de Física deve estimular os jovens a acompanhar as notícias científicas, orientando-os para a identificação sobre o assunto que está sendo tratado e promovendo meios para a interpretação de seus significados. Notícias como uma missão espacial, uma possível colisão de um asteroide com a Terra, um novo método para extrair água do subsolo, uma nova técnica de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o desenvolvimento da comunicação via satélite, a telefonia celular, são alguns exemplos de informações presentes nos jornais e programas de televisão que deveriam também ser tratados em sala de aula (BRASIL, 2000, p. 27).

Nesse contexto, Valadares e Moreira (1998) escrevem que a FMC deve ser abordada no Ensino Médio e os conceitos físicos apresentados devem ter relação com o cotidiano do estudante. Esses autores apresentam várias sugestões de como introduzir tópicos da FMC por meio de atividades e experimentos em que são utilizados materiais de baixo custo.

Ostermann (1999) apresenta, numa pesquisa sobre FMC, realizada no Ensino Médio, os tópicos: supercondutores e partículas elementares, na qual destaca dentre os resultados o seguinte:

Tópicos de FMC despertam a curiosidade científica dos alunos, os motivam para aprender Física [...] Os resultados apontam para a asserção de que deveria haver mais Física Contemporânea no ensino médio e menos “fósseis” de física Clássica. Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais instrucionais estiverem disponíveis. Com isso os jovens podem ter uma escolarização de nível médio em Física atualizado e mais coerente com um pleno exercício da cidadania na sociedade contemporânea (OSTERMANN, 1999, p. 154- 155).

Entendemos que, para cumprir o que é estabelecido pela LDB e proposto nos PCN, o currículo da Física deve contemplar diversos tópicos da FMC, a fim de proporcionar que o estudante possa compreender todo o desenvolvimento científico e tecnológico atual, tornando-se necessária, também, a compreensão de como as descobertas científicas proporcionaram esse desenvolvimento.

3.2 A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM DA FÍSICA

Neste subcapítulo faremos um percurso teórico na perspectiva do desenvolvimento humano de Vygotsky, em que abordaremos suas implicações no processo de ensino-aprendizagem, por meio do processo histórico-cultural e suas contribuições para a educação, mais especificamente nas aulas de Física, onde temos como principal objetivo, apresentar ferramentas que possam motivar e facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Assim, buscaremos aporte teórico nas obras de Vygotsky (2000, 2001, 2005, 2007, 2010) e outros autores que dialogam com sua teoria, mostrando as possibilidades que esses estudiosos nos apontam, à luz do nosso objeto de estudo.

Lev Semionovich Vygotsky nasceu em Orsha, na Bielorrússia, no dia 17 de novembro de 1896. Após frequentar a escola secundária, na cidade de Gomel, Vygotsky iniciou seus estudos no curso de Direito, Filosofia e História em Moscou a partir do ano de 1912. No decorrer de seus estudos, obteve um amplo domínio em ciências humanas, destacando-se: língua e linguística, estética e literatura, filosofia e história. Aos 20 anos de idade, Vygotsky escreveu um grande estudo sobre Hamlet. Temas relacionados à língua e problemas dos signos¹⁴ e da significação, dentre outros diversos assuntos, provocavam seu interesse muito antes de sua dedicação à pesquisa em psicologia. Sua primeira obra, que o direcionou decisivamente para o campo da psicologia e para a criação e desenvolvimento de sua teoria histórico-cultural foi a Psicologia da Arte, em 1925 (IVIC, 2010).

Para Moreira (1999), Vygotsky parte do princípio de que o desenvolvimento do indivíduo tem como referência o meio social e cultural onde vive, ou seja, seu desenvolvimento cognitivo depende do contexto histórico, social e cultural. Nesse processo, a teoria de Vygotsky traz como elemento fundamental a linguagem, que retrata a condição do indivíduo dentro da realidade histórica na qual se encontra. A interação entre os indivíduos por meio da linguagem torna possível a contextualização reflexiva nos fatos e conjunturas do meio social (VYGOTSKY, 2005). Nesta perspectiva, entendemos que a linguagem falada ou escrita é considerada como uma

¹⁴ Segundo Rego (1995, p. 50), o signo é aquilo que representa algo diferente de si mesmo; o número dois é um bom exemplo: seu símbolo numérico não se parece em nada com uma coleção de dois objetos, assim como sua representação em forma de palavra também não.

representação cultural e pilar para o pensamento. Vygotsky (2005) diz que os significados das palavras se alteram na sua constituição, desta forma também o pensamento é modificado, considerando que o pensamento e a fala têm uma “relação particular” em cada etapa no “desenvolvimento do significado da palavra”. Confirmando esse conceito, Cristofoleti (2012, p.1) escreve que “as relações entre professores-aluno-conhecimento mediados pela linguagem são constitutivas dos processos de aprendizado dos alunos num movimento que é dialógico e discursivo” e, que:

A elaboração conceitual da palavra pela criança se faz possível em vários contextos vivenciados, no entanto, a educação Escolar desempenha um importante papel na elaboração conceitual mais ampla. Na educação escolar, professor e alunos vivenciarão relações de ensino-aprendizagem. Nessas relações, as crianças vão se apropriando e ressignificando os conhecimentos pela linguagem num processo interativo, dialógico e discursivo (CRISTOFOLETI, 2012, p. 6).

Outro ponto a destacar em sua teoria, são as funções mentais superiores, que são fundamentos para a aprendizagem dentro da visão de Vygotsky, além de serem de certa forma como “motores” para seu funcionamento, pois por elas o indivíduo modifica e altera o significado das informações e ideias enquanto se desenvolve. A fim de entendermos melhor como são construídas as funções mentais superiores, tais como a atenção, a memória, a imaginação, destacando-se a linguagem e o pensamento, torna-se imprescindível ver a interação dos indivíduos no seu meio social. Desta forma, vemos que essas interações e a aprendizagem ocorrem por meio da mediação, que é um dos conceitos centrais dentro da teoria de Vygotsky, a qual se dá através de atividades que envolvem signos e símbolos, conceitos que serão descritos mais detalhadamente no decorrer deste capítulo (OLIVEIRA, 1997).

Ganham espaço em nossa pesquisa, as influências que o meio social pode trazer para o estudo da Física. Podemos destacar que um ponto de partida é o conhecimento prévio que os alunos apresentam sobre o assunto e, a partir disso, compormos de forma conjunta a formação de conceitos, tendo como base o conhecimento de mundo, traduzindo-os em conceitos científicos. Utilizando de uma linguagem que é de domínio do aluno, aos poucos podemos mediar conhecimentos que vão ganhando espaço e despertando o interesse de todos de uma forma natural, proporcionando de fato a aprendizagem e não apenas algo que seja imposto como obrigatório sem representar um sentido real.

3.2.1 A Mediação

O estudo de Vygotsky foi amplamente dedicado à compreensão da formação das funções mentais superiores, que para ele se traduz no “uso de meios artificiais” que provoca mudanças fundamentais em “todas as operações psicológicas” (VYGOTSKY, 2007, p. 56). O objetivo desse estudo é compreender os “mecanismos psicológicos mais sofisticados, mais complexos, que são típicos dos seres humanos” (OLIVEIRA, 1997, p. 26). Segundo Oliveira (1997, p. 26), esses mecanismos também “envolvem o controle consciente do comportamento, a ação intencional e a liberdade do indivíduo em relação às características do momento e do espaço presentes”.

Neste sentido, sabemos que o homem, diferentemente dos animais, é capaz de pensar em acontecimentos que poderão ocorrer no futuro, planejar suas ações e imaginar objetos ausentes. Essa qualidade única do ser humano é considerada por Vygotsky, como sendo atividade ou função psicológica superior, uma vez que ela é diferente das ações elementares e automáticas (OLIVEIRA, 1997), presentes tanto no homem quanto nos animais.

Na medida em que o indivíduo se apropria da sua cultura, ocorre seu desenvolvimento e sua aprendizagem, sendo necessária sua intensa participação no meio social no qual está inserido (VYGOTSKY, 2000). Assim, os valores sociais e culturais que rodeiam esse indivíduo é fruto das transformações ocorridas por meio da mediação das relações interpessoais e sociais. Esse tema mediação, que promove trocas compartilhadas por meio da interação, leva a refletir sobre a forma como o indivíduo tem o desenvolvimento de suas funções mentais superiores (VYGOTSKY, 2007), em especial o pensamento e a linguagem, como meios para a formação de conceitos e de, assim, promover o desenvolvimento e a aprendizagem.

Para Vygotsky (2007) a mediação é representada na intervenção de um elemento intermediário numa relação. Nessa relação existem elementos mediadores chamados por ele de instrumentos e signos. Desta forma, entendemos que o aprendizado só ocorre se for mediado, ou seja, é a partir da mediação que o indivíduo interage com o ambiente e se insere na sua realidade, sendo nesse contexto em que se inserem esses dois elementos mediadores: os instrumentos e os signos.

O instrumento é um elemento que representa a si mesmo e não uma forma simbólica, ele auxilia o homem no trabalho, com a função de mudar o objeto de trabalho, sendo um elemento externo a ele, como por exemplo uma faca usada para cortar legumes (OLIVEIRA, 1997).

Já os signos, chamados por Vygotsky (OLIVEIRA, 1997, p. 29) de “instrumentos psicológicos”, são aqueles que auxiliam o indivíduo nos processos psicológicos e não em suas ações concretas, como por exemplo, a palavra livro é um signo que representa o objeto livro ou o desenho de uma lavareda numa embalagem representa que aquele produto é inflamável. Tanto os instrumentos quanto os signos são criações sociais e têm uma influência no desenvolvimento social e cultural do sujeito, considerando que os signos atuam como instrumentos internos, auxiliando nas suas funções psicológicas, conseqüentemente, proporcionando o aprendizado e o desenvolvimento.

Para Vygotsky, quanto mais o indivíduo utiliza os signos, mais complexas se tornam suas operações psicológicas e mais modificações acontecem nessas operações. Como diz Oliveira (1997, p. 30), “na sua forma mais elementar o signo é uma marca externa, que auxilia o homem em tarefas que exigem memória ou atenção”. Assim, uma memória que é mediada por signos é mais desenvolvida que uma memória mediada por instrumentos. Para Vygotsky, o uso dos signos como recurso para solucionar alguma questão psicológica pode ser comparada com o uso dos instrumentos para o trabalho, ou seja:

A invenção e o uso de signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema psicológico (lembrar, comparar coisas, relatar, escolher, etc.) é análoga à invenção e uso de instrumentos, só que agora no campo psicológico. O signo age como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento no trabalho (VYGOTSKY, 2007, p. 52).

Desta forma, destacamos a importância dos signos para o processo de ensino da Física, uma vez que segundo Vygotsky, a introdução de um novo signo dentro da atividade psicológica do aluno tem como consequência uma transformação essencial das funções psicológicas superiores. Algumas inovações didáticas têm um grande potencial de mudar significativamente a forma de realização de uma atividade mental dos alunos, possibilitando a realização de certas atividades que não seriam possíveis de serem realizadas sem a contribuição do signo.

No entendimento de Vygotsky, quando um sujeito aprende um conceito, ele utiliza a mediação das palavras ou a sua linguagem, tendo em vista que não há pensamento sem usarmos palavras ou imagens. Essa mediação pode ser denominada mediação semiótica, que, para Ribeiro e Freitas (2013, p. 2), é “o uso dos sistemas de signos para comunicar experiências e produzir conhecimento”. Oliveira (2002, p. 42), quando escreve sobre a aprendizagem, afirma que “[...] a principal função da linguagem é a de intercâmbio social: é para se comunicar com seus semelhantes que o homem cria e utiliza os sistemas de linguagens”. Assim, se toda a ação do homem presume uma mediação, da mesma forma a aprendizagem acontece com a mediação semiótica ou pela interação com o outro, nas quais as palavras são utilizadas como caminho para a comunicação.

Mais uma vez, reafirmamos a importância dos conceitos de Vygotsky trazidos para embasar nosso estudo, demonstrando que a utilização de diversificados instrumentos e signos são fundamentais no processo de mediação de significados e, conseqüentemente, na aprendizagem, a partir de conhecimentos adquiridos com base na interação do sujeito com o meio. Dessa forma, todos esses conhecimentos têm seu valor e podem se unir, proporcionando uma transformação da visão que se tem de algo, ampliando os saberes e adicionando significados a eles, ou seja, traduzindo saberes em conhecimentos científicos, sendo que essa troca é mediada pelo professor, que possibilita aos alunos a aproximação do que já sabem ao conceito teórico que ele representa.

Na aprendizagem escolar, a mediação pode ser operada por meio da interação de sujeitos com níveis de conhecimentos diferentes, ou seja, professor e aluno ou mesmo aluno e aluno, que promove o crescimento cognitivo e faz com que se atribuam novos significados e sentidos ao objeto do conhecimento. Nessa perspectiva, Vygotsky (2005, p. 186) diz que “o pensamento tem que passar primeiro pelos significados e depois pelas palavras”.

Pedagogicamente, a mediação pode ser compreendida como a intervenção de uma pessoa com conhecimento, como o professor, que possibilite a internalização¹⁵ e apropriação dos conteúdos pelo estudante, fazendo com que ele seja capaz de

¹⁵ Vygotsky (2007, p. 56) chama de internalização “a reconstrução interna de uma operação externa”.

interagir e compartilhar seus conhecimentos com os outros alunos. Vimos que, para Vygotsky (2007) a internalização é quando uma operação externa é reconstruída internamente, deste modo, podemos perceber a importância do papel do professor dentro do seu conceito de mediação.

Durante o processo de mediação, vimos que o aluno se apropria do conhecimento e ratificamos que o ambiente tem papel fundamental em seu desenvolvimento cognitivo, pela internalização, que é a apreensão dos conhecimentos vindos do contexto no qual ele está inserido. Nessa mesma abordagem, Lucci (2006, p. 8) diz que:

O desenvolvimento mental é marcado pela interiorização das funções psicológicas. Essa interiorização não é simplesmente a transferência de uma atividade externa para um plano interno, mas é o processo no qual esse interno é formado. Ela constitui um processo que não segue um curso único, universal e independente do desenvolvimento cultural. O que nós interiorizamos são os modos históricos e culturalmente organizados de operar com as informações do meio.

Na escola então, o educador é o principal mediador entre o aluno e o conhecimento que ele deve adquirir, sendo o responsável para que ele realmente se aproprie e internalize esse conhecimento. Nas palavras de Vygotsky (2007, p. 20), “o caminho do objeto até a criança e desta até o objeto passa através de outra pessoa”, ou seja, o professor tem a função dessa “outra pessoa” no processo de desenvolvimento e aprendizagem. Assim, o professor deve direcionar o aluno, conduzindo-o para que ele se aproprie do conhecimento, oferecendo-lhe ferramentas para que ele se desenvolva da forma mais eficaz.

3.2.2 A Zona de Desenvolvimento Proximal

Conhecendo o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), podemos compreender ainda melhor o processo de ensino-aprendizagem. Esse conceito pode ser vinculado à relação entre aprendizagem escolar e desenvolvimento. Vygotsky conceitua a ZDP da seguinte forma:

Ela é a distância, entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. [...] A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado

embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de “brotos” ou “flores” do desenvolvimento, ao invés de “frutos” do desenvolvimento (VYGOTSKY, 2007, p. 97 -98).

Depois da construção do conceito de mediação, podemos considerar a estruturação do conceito de ZDP como sua maior contribuição para o campo da psicologia pedagógica, tendo em vista, que nos dá a capacidade de investigar o desenvolvimento do aluno além daquilo que se é observado. Em resumo, podemos dizer que a ZDP é o espaço de interação em uma atividade entre uma pessoa mais desenvolvida e uma pessoa menos desenvolvida, de forma que a pessoa menos desenvolvida se torne mais autônoma na atividade que inicialmente era realizada em conjunto.

Nesse sentido, verificamos a aplicação desse conceito de Vygotsky quando deixamos que o aluno traga seu conhecimento para a sala de aula, sua visão sobre um conceito lançado pode ser o ponto de partida para que o conhecimento prévio seja potencializado, mediado por alguém que domine o assunto e o aluno, pelo processo de construção necessário para aprender o conhecimento científico.

De acordo com esse contexto, Vygotsky (2007, p. 97) mostra que o desenvolvimento acontece em dois níveis distintos, o primeiro ele chama de nível de desenvolvimento real, que seria relativo àquilo que o sujeito já aprendeu e tem domínio sem a mediação de outra pessoa com mais conhecimento, são “ciclos de desenvolvimento que já se completaram” (REGO, 1995, p. 72). O segundo pode ser entendido como nível de desenvolvimento potencial, o qual está relacionado com aquilo que o sujeito é capaz de realizar por meio da mediação de outro sujeito com mais conhecimento. Nesse caso, como nos diz Rego (1995, p. 73) o indivíduo “realiza tarefas e soluciona problemas através do diálogo, da colaboração, da imitação, da experiência compartilhada e das pistas que lhe são fornecidas”. Sendo assim:

O conceito de zona de desenvolvimento proximal é de extrema importância para as pesquisas do desenvolvimento infantil e para o plano educacional, justamente porque permite a compreensão da dinâmica interna do desenvolvimento individual. Através da consideração da zona de desenvolvimento proximal, é possível verificar não somente os ciclos já completados, como também os que estão em via de formação, o que permite o delineamento da competência da criança e de suas futuras conquistas, assim como na elaboração de estratégias pedagógicas que auxiliem nesse processo (REGO, 1995, p. 74).

Nessa perspectiva, sabemos que a aprendizagem do aluno ocorre quando há a interação entre sujeito/sujeito e sujeito/objeto, considerando que o conhecimento é

concebido por meio de uma construção sucessiva. Desta forma, entendemos que a escola é um local proveitoso e propício para a construção de ZDP, tendo em vista que numa sala de aula sempre haverá uma interação entre o ensino e a aprendizagem.

Esse ensino, na maioria das vezes, está centralizado na figura do professor, que deve se preparar para ser o responsável por promover a mediação e a interação do aluno com o objeto do conhecimento. Não podemos confundir essa centralização, como o professor sendo o único detentor do conhecimento, pois os conceitos espontâneos dos alunos devem ser considerados e o professor, então, deve ser o mediador entre esses saberes e o conhecimento a ser adquirido, a fim de que se possibilite que a esses conhecimentos sejam atribuídos significados e transformados em conceitos científicos.

Assim, a relação entre professor e aluno não deve ser de imposição. O docente deve criar um ambiente cooperativo, onde o aprendiz é considerado como um sujeito ativo no seu processo de formação do conhecimento. O professor deve interferir na ZDP do aluno, utilizando uma metodologia que sirva de suporte para que o aluno aprenda, adquira o conhecimento e desenvolva-se. Isso posto, o aluno deve ser compreendido como um sujeito que aprende e se desenvolve a partir do conhecimento produzido no seu grupo social por meio da interação com o outro (seus pares e professores), no caso do ambiente escolar.

3.2.3 A formação de conceitos

Para Vygotsky, a formação de conceitos é uma extensão do processo de internalização, a qual se caracteriza pela interação entre o conhecimento espontâneo e o conhecimento científico, pois ambos se influenciam constantemente (VYGOTSKY, 2005). Todavia, apesar de estarem relacionados, o conceito espontâneo e o conceito científico não se desenvolvem da mesma maneira. Ou seja, o curso do desenvolvimento de um conceito científico não repete as vias de desenvolvimento do conceito espontâneo (VYGOTSKY, 2000).

Segundo esse autor, “os conceitos científicos não são assimilados nem decorados pela criança, não são memorizados, mas surgem e se constituem por meio de uma

imensa tensão de toda a atividade do seu próprio pensamento” (VYGOTSKY, 2000, p 260).

Nesse processo, destaca-se a importância dos signos na aprendizagem e na formação dos conceitos, principalmente na escola, por ser um ambiente propício para a formação de conceitos científicos, considerando que nesse espaço podemos, por meio de um complexo de atividades, desenvolver cada vez mais as funções psicológicas dos alunos. Sobre isso, o autor em questão escreve:

Todas as funções psíquicas superiores são processos mediados, e os signos constituem o meio básico para dominá-las e dirigi-las. O signo mediador é incorporado à sua estrutura como parte indispensável, na verdade a parte central do processo como um todo. Na formação de conceitos, esse signo é a palavra, que em princípio tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se o seu símbolo (VYGOTSKY, 2005, p. 70).

Descreve ainda que o processo de formação de conceitos é consequência de uma atividade complexa, que envolve todas as funções intelectuais básica do indivíduo. Esse processo é fundamental no desenvolvimento das funções psicológicas superiores, tendo em vista que envolve operações intelectuais orientadas pelo uso do signo ou da palavra, ou seja, pela mediação. Sobre isso Vygotsky afirma:

A formação de conceitos é o resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte. No entanto, o processo não pode ser reduzido à associação, à atenção, à formação de imagens, à inferência ou às tendências determinantes. Todas são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso do signo, ou palavra, como o meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais, controlamos o seu curso e as canalizamos em direção à solução do problema que enfrentamos (VYGOTSKY, 2005, p. 72-73).

Segundo Vygotsky (2005, p. 107), quando os conceitos científicos se desenvolvem, os conceitos espontâneos também avançam, tendo em vista que eles se relacionam entre si. Isso permite que essa relação entre eles aconteça de uma forma mais integrada e associada. O autor destaca que uma das principais funções da escola está em direcionar o aluno a alcançar o conhecimento que lhe falta. Para tanto, o ensino deve ser orientado para uma fase do desenvolvimento que ainda não foi atingida, ou seja, “o único bom ensino é o que se adianta ao desenvolvimento” (VYGOTSKY, 2010, p. 115). Ele destaca que:

[...] o que já existe no sistema de aprendizagem da criança antes do ingresso na escola, que ele denomina conceitos espontâneos, e o outro que a ele se junta, com ele interage e acaba por enriquecê-lo e modificá-lo como resultado

da aprendizagem, que ele denomina conceitos científicos. A etapa de fixação das mudanças dos conceitos é seguida de uma etapa de explicação deles, isto é, da busca dos meios que determinam a mudança do sistema conceitual (VYGOTSKY, 2000, p. XIII).

Pensando assim, a escola é um ambiente ideal para a formação de conceitos, pois possibilita a troca de experiências entre os pares, por meio da linguagem, do desenvolvimento do pensamento, da compreensão de signos e instrumentos, das vivências sociais e/ou culturais e da mediação, acrescentando a essas experiências, uma bagagem teórica que proporciona a delimitação e composição de conceitos científicos. Para Vygotsky, “no processo de formação dos conceitos, esse signo é a palavra, que em princípio tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se seu símbolo” (VYGOTSKY, 2000, p. 161).

Podemos perceber que um conceito não é formado aleatoriamente, tendo em vista que ele é consequência de uma operação mental relativa a uma atividade prática ou uma resposta a um problema. Portanto, ressaltamos que em nossa pesquisa temos como intenção fazer com que o aluno seja desafiado e motivado a buscar caminhos possíveis para a solução do problema que lhe será proposto. Nesse pensamento sobre o processo da formação de conceitos, Vygotsky escreve:

[...] a questão central desse processo é o emprego funcional do signo ou da palavra como meio através do qual o adolescente subordina ao seu poder as suas próprias operações psicológicas, através do qual ele domina o fluxo dos próprios processos psicológicos e lhes orienta a atividade no sentido de resolver os problemas que tem pela frente (VYGOTSKY, 2000, p. 170).

Vygotsky afirma que a formação de conceitos não se dá apenas com a “memorização de palavras e a sua associação com objetos” (VYGOTSKY, 2000, p. 157), ou seja, para que o processo tenha início, deve “surgir problema que só possa ser resolvido pela formação de novos conceitos (VYGOTSKY, 2000, p. 157). Sobre isso o autor destaca que:

Já dissemos que o objetivo não é a explicação do processo. A questão central, fundamental, vinculada ao processo de formação de conceito e ao processo de atividade voltada para um fim, é o problema dos meios através dos quais se realiza essa ou aquela operação psicológica, essa ou aquela atividade voltada para um fim (VYGOTSKY, 2000, p. 161).

Segundo o autor, a formação de conceitos deve ser um processo produtivo e não reprodutivo. Um conceito surge e é configurado numa operação complexa voltada a solucionar algum problema, então, somente a “presença de condições externas e o estabelecimento mecânico de uma ligação entre a palavra e o objeto não são

suficientes para a criação de um conceito” (VYGOTSKY, 2000, p. 156). Vygotsky afirma que, com o auxílio dos problemas propostos, a necessidade de resolvê-los é um fato determinante para seu desenvolvimento e, conseqüentemente, na formação dos conceitos. Seguindo esse pensamento, Vygotsky afirma:

[...] o caráter da tarefa, o objetivo que o adolescente tem diante de si e pode atingir através da formação de conceitos é, sem dúvida, um dos momentos funcionais sem cuja incorporação não poderemos explicar plena e cientificamente a formação do conceito. É precisamente com o auxílio dos problemas propostos, da necessidade que surge e é estimulada, dos objetivos colocados perante o adolescente que o meio social circundante o motiva e o leva a dar esse passo decisivo no desenvolvimento do seu pensamento (VYGOTSKY, 2000, p. 170-171).

Entendemos, portanto a escola como o ambiente ideal para a construção dos conceitos científicos. Para Vygotsky, o desenvolvimento dos conceitos científicos na escola é uma questão prática primordial, tendo em vista as responsabilidades que a escola tem quando ingressa um aluno no sistema de conceitos científicos (VYGOTSKY, 2000, p. 242). Sobre a importância da escola, ele escreve:

[...] o ensino consciente de novos conceitos e formas da palavra ao aluno não só é possível como pode ser fonte de um desenvolvimento superior dos conceitos propriamente ditos e já constituídos na criança, que é possível o trabalho direto com o conceito no processo de ensino escolar. Mas, como mostra a pesquisa, este trabalho não é o fim, mas o início do desenvolvimento do conceito científico, e não só não exclui os processos propriamente ditos de desenvolvimento como lhes dá uma nova orientação e coloca os processos da aprendizagem e desenvolvimento em novas relações maximamente favoráveis do ponto de vista dos objetivos finais da escola (VYGOTSKY, 2000, p. 250-251).

Nesse processo, o professor tem o papel principal, o mediador entre o aluno e o objeto do conhecimento, não como um mero transmissor de conhecimento e que desconsidera aquilo que o aluno já sabe, tomando o seu conhecimento como único e suficiente para o processo de ensino-aprendizagem. Para que um aluno forme um conceito é necessária uma atividade mental intensa por parte do aluno, pois um conceito não pode ser aprendido por meio de um ensino mecânico ou unicamente pelo professor, como afirma Vygotsky:

[...] o ensino direto de conceitos é impossível e infrutífero. Um professor que tenta fazer isso geralmente não obtém qualquer resultado, exceto o verbalismo vazio, uma repetição de palavras pela criança, semelhante à de um papagaio, que simula um conhecimento dos conceitos correspondentes, mas que na realidade oculta um vácuo (VYGOTSKY, 2005, p. 104).

Podemos ver que a formação de conceitos é o alicerce central do processo de aprendizagem, assim entendemos que o ambiente escolar e o professor têm um papel

fundamental e essencial nesse processo. Assim, ao refletirmos sobre a complexidade da formação de conceitos, compreendemos ser necessário para nossa investigação refletir, também, sobre o papel do professor nesse processo, que iremos discutir na sequência.

3.2.3.1 A contribuição do professor na formação de conceitos

O ambiente escolar deve ser um local de interação entre os sujeitos (entre alunos e entre alunos e professor). Neste contexto, o professor desempenha o papel de mediador da construção dos conceitos científicos, dando possibilidade aos alunos de serem os personagens principais no processo de ensino-aprendizagem. Contudo, o professor deve ser dotado de habilidades, para o planejamento, organização e execução das aulas, para que esse processo se desenvolva de forma satisfatória.

Libâneo (1994, p. 105) afirma que:

É necessário reafirmar que todo estudo é sempre precedido do trabalho do professor: a incentivação para o estudo, a explicação da matéria, a orientação sobre procedimentos para resolver tarefas e problemas, as exigências quanto à precisão e profundidade do estudo etc. É necessário que o professor esteja atento para que o estudo seja fonte de autossatisfação para o aluno, de modo que ele sinta que está progredindo, animando-se para novas aprendizagens.

A figura do professor ocupa uma posição de destaque no processo de aprendizagem, considerando que sua atividade profissional está totalmente voltada para esse objetivo. O professor é o responsável por mediar a formação de conceitos, por meio de um processo dinâmico, numa estreita interação entre os alunos e dos alunos com o educador (MOYSÉS, 2014). Sobre isso, Azevedo destaca que:

[...] muito mais que saber a matéria, que está ensinando, o professor que se propuser a fazer de sua atividade didática uma atividade investigativa deve tornar-se um professor questionador; que argumente, saiba conduzir perguntas, estimular, propor desafios, ou seja, passar de simples expositor a orientador do processo de ensino (AZEVEDO, 2009, p. 25).

Essa função do professor de orientar, questionar, argumentar e interferir, em termos cognitivos, tem papel fundamental na teoria de Vygotsky, considerando que representa um momento do desenvolvimento, pois o aluno se beneficia da colaboração e da interferência do educador para atingir um nível de desenvolvimento que não conseguiria por si só (OLIVEIRA, 1997, p. 59). Então, o educador deve estar

preparado para interferir de forma que provoque avanços nos processos de aprendizado e complexificação dos conceitos na estrutura cognitiva do estudante, obrigando-o a adiantar-se para novas aprendizagens, mais complexas e elaboradas.

Podemos ver então, dentro da nossa proposta, que o professor tem um papel de destaque no processo de ensino-aprendizagem, contudo devemos também destacar a importância dos grupos nesse processo, visto que, dentro da teoria vygotskyana, a interação entre os sujeitos é fundamental no desenvolvimento. Sobre essa interação, Oliveira afirma, em sua interpretação dos conceitos de Vygotsky, que:

Na concepção que Vygotsky tem do ser humano, portanto, a inserção do indivíduo num determinado ambiente cultural é parte essencial de sua própria continuação enquanto pessoa. É impossível pensar o ser humano privado do contato com um grupo cultural, que lhe fornecerá os instrumentos e signos que possibilitarão o desenvolvimento das atividades psicológicas mediadas, tipicamente humanas. O aprendizado, nesta concepção, é o processo fundamental para a construção do ser humano. O desenvolvimento da espécie está, pois, baseado no aprendizado que para Vygotsky, sempre envolve a interferência, direta ou indireta, de outros indivíduos e a reconstrução pessoal da experiência e dos significados (OLIVEIRA, 1993, p. 78).

3.2.3.2 A importância dos grupos no processo de aprendizagem

Vygotsky afirma que "o comportamento do homem é formado por peculiaridades e condições biológicas e sociais do seu crescimento" (2001, p. 63). Assim entendemos que o homem sempre está num processo de aprendizagem e isso não acontece isoladamente, pois existem diversos fatores que influenciam na formação e no aprendizado do indivíduo, sejam eles biológicos ou sociais. Ele é por natureza um ser social que se manifesta pela existência de um outro ser social e cultural.

Nesse mesmo pensamento, vemos que a aprendizagem também não ocorre isoladamente, o sujeito, que participa de um grupo social, interage com o outro e vai construindo seu conhecimento e se desenvolvendo. Assim podemos observar que a interação tem um papel essencial no desenvolvimento das funções psicológicas do sujeito, pois é a partir dessas interações que são estabelecidos os processos de aprendizagem. Sobre isso Vygotsky destaca que:

Primeiro, no nível social, e, depois, no nível individual; primeiro, entre pessoas (interpsicológica), e, depois, no interior da criança (intrapsicológica). Isso se aplica igualmente para atenção voluntária, para a memória lógica e para a

formação de conceitos. Todas as funções superiores originam-se das relações reais entre indivíduos humanos (VYGOTSKY, 2007, p. 58).

Percebemos que para aprender, o aluno deve estabelecer contato com outros alunos e com o professor, a fim de construir novos conceitos. Esse contato (interação) com o outro é essencialmente importante no desenvolvimento do aluno, tendo em vista que esse processo tem o papel de analisar as diferenças entre seu conhecimento e o dos demais. Assim, compreendemos que nesse processo de interação na escola, o estudante é levado a formular hipóteses, argumentar, questionar, buscar solução para os problemas e assim refinar e construir novos conceitos científicos.

Com base nas concepções e reflexões aqui apresentadas é que destacamos a importância da sua aproximação com nossa pesquisa, pois no estudo da Física, o aluno deve relacionar o conhecimento que está adquirindo com os conceitos espontâneos que ele traz consigo. A Física deve fazer sentido na vida do estudante e não se resumir apenas em memorizações e equações matemáticas. A partir disso entendemos que é necessária uma nova abordagem na forma de ensinar a Física, na qual o professor deve assumir o papel de mediador do conhecimento para a construção dos conceitos científicos.

3.2.4 A Teoria de Vygotsky no ensino da Física

A teoria histórico-cultural de Vygotsky é a base para o desenvolvimento desta pesquisa, a qual destaca o importante papel que é realizado pelo professor, que atua como mediador para a criação de um ambiente fértil de aprendizado. Assim vemos necessária as lentes teóricas de sua concepção de aprendizagem para a compreensão dos processos e das relações de ensino no âmbito da Física na prática das ideias trazidas nessa teoria.

No estudo da Astronomia, da Astrofísica e de tópicos da FMC, como fusão e fissão nuclear, nucleossíntese dos elementos químicos (formação dos elementos químicos), podemos afirmar que os alunos já trazem consigo algum conhecimento prévio e conceito espontâneo sobre esses temas. Tais conceitos podem ter sido adquiridos nos últimos anos do ensino fundamental, nos componentes curriculares de Ciências, ou fora do ambiente escolar, como por exemplo em programas de TV, jornais, revistas ou internet.

Partindo da existência desses conhecimentos e conceitos trazidos pelos alunos, atuaremos na ZDP, introduzindo novos conhecimentos que possibilitam transformar seus conhecimentos prévios e conceitos espontâneos em conceitos científicos. Para atuarmos na ZDP do aluno, precisamos primeiramente identificar seu nível de desenvolvimento real e, então, reconheceremos seu nível de desenvolvimento potencial, isto é, estabeleceremos quais serão os conhecimentos escolhidos para atingirmos nosso objetivo (VYGOTSKY, 2007).

Nesse processo, é responsabilidade do professor a promoção das intervenções necessárias para a potencialização do aprendizado. Para tanto, ele deve estimular o diálogo com os alunos e entre eles, com a finalidade de proporcionar um ambiente de troca de conhecimentos, tendo como consequência seu desenvolvimento. Assim, partindo da intervenção do professor, a exposição de ideias, outrora ocultas, poderão ser expostas em público quando a interação é realizada entre seus pares.

Igualmente, como a escola é um ambiente propício para a construção dos conceitos científicos, onde as interações sociais são essencialmente desenvolvidas, as atividades em grupo têm seu papel fundamental em auxiliar na obtenção dos resultados esperados.

3.3 ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DA FÍSICA

O ensino de Física no Ensino Médio é, geralmente, caracterizado por aulas expositivas, conteudistas, sem discussão conceitual, com repetição de exercícios e aplicação de fórmulas matemáticas. Essa metodologia, utilizada atualmente na maioria das escolas, coloca o professor como o único transmissor e detentor do saber, mantendo os estudantes passivos (CARVALHO, 2010). Entretanto, esse método de ensino não é aquele proposto pelos documentos oficiais da área de educação (PCN, PCN+), como vimos no capítulo anterior.

Para mudar esse cenário, o professor, visando trilhar um novo caminho em seu modo de ensinar, pode utilizar diversas metodologias que poderão ser empregadas no processo de ensino-aprendizagem da Física, dentre as quais destacamos a utilização de atividades investigativas.

Por meio das atividades investigativas, avaliamos que a relação entre o aluno e o professor pode ser transformada em comparação à aula tradicional, como afirma Driver, Newton e Osborne:

É nesse processo que os professores têm um papel importante a desempenhar; por exemplo, ao apontar diferentes interpretações possíveis e exigir que os alunos considerem a evidência para cada uma. [...] O professor então tem a tarefa de orquestrar uma discussão reflexiva na qual as diferentes posições são explicadas, depois comparados e contrastados, e são tomadas decisões sobre qual oferece a melhor interpretação. A explicitação de tais etapas no ensino leva ao esclarecimento das normas e tomem decisões racionais entre hipóteses levando ao conhecimento científico (DRIVER, NEWTON, OSBORNE, 2000, p. 300, tradução nossa)

Por isso, acreditamos que a Física, como uma grande área do conhecimento, deve ter propósitos que possibilitem ao aluno ter uma forma diferente de leitura do mundo, o qual ofereça a ele oportunidades de ver, questionar e entender o conhecimento científico e suas relações com a sociedade e o meio-ambiente. Assim, cremos que a utilização das atividades investigativas possa possibilitar ao aluno o desenvolvimento das habilidades para pensar cientificamente na solução de um problema, elaborando hipóteses e justificativas.

Vygotsky (2005) afirma que a construção do conhecimento acontece mediante o compartilhamento de significados, com o auxílio do professor e dos pares. Desta forma, acreditamos que, coletivamente, os estudantes avançam na construção de um novo conceito, por meio de uma atividade problematizadora, a qual desafia suas concepções prévias. Avaliamos que uma situação problema pode ser uma ferramenta motivadora para a investigação e a busca do conhecimento. Assim, juntamente, com o auxílio do professor os alunos serão capazes de buscar formas de resolvê-la, construindo um novo conceito, o qual é compartilhado pelo grupo.

3.3.1 Um breve histórico sobre o ensino por investigação

Segundo Rodrigues e Borges (2008), não existe um consenso sobre como surgiu o ensino sob a perspectiva investigativa. Esses autores escrevem que essa metodologia

provavelmente surgiu no século XIX na Europa e nos Estados Unidos, sob a influência das ideias do filósofo John Dewey¹⁶.

Em seu livro “Democracia e Educação”, Dewey atribui ao professor a responsabilidade de fazer uso da ciência para modificar as atitudes e pensamentos não adequados numa sociedade democrática (CUNHA, 2001). Para ele, a experiência e a aprendizagem não podem andar separadas, pois a experiência se adquire por meio de um aglomerado de vivências. Desta forma, quando uma experiência na escola é refletida, a construção do conhecimento se dará naturalmente, ou seja, a experiência dá significado à vida (ROSITO, 2008).

Conforme escreve Zômpero e Laburú (2011), na segunda metade do século XIX, as Ciências despontavam como um componente curricular importante na formação do estudante. Dentro desse contexto, Dewey surge como personagem mais influente na perspectiva do ensino de ciências por investigação (WONG e PUGH, 2001). Sua teoria foi uma das responsáveis pela reestruturação da constância entre a educação tácita e saber recebido diretamente pelas experiências de vida, assim foi capaz de integrar a aprendizagem adquirida por meio de uma atividade escolar com aquilo que se aprendeu em duas experiências pessoais (WESTBROOK, 2010).

Assim, nesse período, as práticas de atividades em laboratório tiveram muita relevância, a qual foi intensamente defendida pelo filósofo Hebert Spencer¹⁷, pois para ele as atividades em laboratório davam informações sobre os fenômenos naturais que não eram encontrados nos livros didáticos.

¹⁶ John Dewey (1859-1952), filósofo norte-americano que defendia a democracia e a liberdade de pensamento como instrumentos para a maturação emocional e intelectual das crianças e influenciou educadores de várias partes do mundo. No Brasil inspirou o movimento da Escola Nova, liderado por Anísio Teixeira, ao colocar a atividade prática e a democracia como importantes ingredientes da educação (FERRARI, 2008b).

¹⁷ Hebert Spencer (1820-1903), teórico inglês que buscou no evolucionismo os mecanismos e objetivos da sociedade, e defendeu o ensino da ciência para formar adultos competitivos. Foi o principal representante do evolucionismo nas ciências humanas. Ele instituiu a existência de regras evolucionistas na natureza antes de seu compatriota, o naturalista Charles Darwin (1809-1882), formular a revolucionária teoria da evolução das espécies. É ele o autor da expressão "sobrevivência do mais apto", muitas vezes atribuída a Darwin (FERRARI, 2008a).

No auge da Guerra Fria, no final da década de 1950, o lançamento do satélite Sputnik¹⁸ I pela Rússia, fez com que os Estados Unidos se questionassem sobre a qualidade de sua educação científica e dos currículos desenvolvidos pelas escolas (BARROW, 2006). Assim, segundo PENA (2002), um programa chamado Physical Science Study Committee¹⁹ (PSSC) foi iniciado e desenvolvido nos Estados Unidos, a partir de 1956, com o objetivo de reestruturar drasticamente o ensino de Física. Desta forma, os currículos de ciências naturais foram totalmente reformulados, com o propósito de levar os alunos a pensar e refletir como um cientista. Para Barrow (2006) os currículos davam uma ênfase em processos considerados científicos, assim como individuais (observar, classificar, intervir, controlar as variáveis etc.).

Apesar de ser amplamente difundido na Europa e na América do Norte, principalmente no ensino de Ciências, no Brasil o ensino por investigação é considerado recente e ainda pouco discutido (MUNFORD e LIMA, 2007). De acordo com Pena (2012), o PSSC só teve mais destaque aqui no Brasil no final da década de 1960, sendo logo providenciada sua tradução e inclusão de sua essência curricular nos projetos de ensino de Física. Atualmente no Brasil, uma abordagem do ensino utilizando atividades investigativas é encontrada nos PCN's de 1997. Entretanto, ainda não está bem estabelecido, principalmente no ensino de ciências (SÁ, LIMA e AGUIAR, 2007).

Percebemos que o tema ensino por investigação trilhou um caminho de mudanças, por consequência dos momentos políticos, econômicos e sociais pelos quais passaram a sociedade no decorrer do tempo. Vemos, também, que a utilização das atividades investigativas tem mais relevância nos Estados Unidos e na Europa, todavia no Brasil ainda é pouco predominante e sem destaque nos documentos oficiais relacionados à educação.

¹⁸ Sputnik I foi o primeiro satélite artificial lançando ao espaço, em 4 de outubro de 1957 e marcou a corrida espacial que era travada entre os soviéticos e os Estados Unidos (ARAÚJO, 2012).

¹⁹ É constituído por um grupo de professores de física, de nível universitário e secundário, trabalhando no desenvolvimento de um curso aperfeiçoado de introdução à física. O projeto teve início em 196 com o apoio da National Science Foundation (PSSC, 1963).

3.3.2 Atividades investigativas: conceitos

Sasseron e Carvalho (2011) defendem que o ensino de ciências seja um processo de “enculturação científica”. Essa expressão significa que o ensino de ciências pode ser capaz de formar o cidadão para que possa dominar e usar o conhecimento científico nas mais diversas áreas de sua vida. Para isso, é preciso propiciar condições para que os estudantes sejam inseridos na cultura científica.

Essas autoras afirmam que as atividades investigativas contribuem para que o aluno seja um agente ativo no processo de aprendizagem, no qual possa desenvolver habilidades cognitivas e estratégias para encontrar a solução dos problemas. Esse tipo de atividade tem como um de seus objetivos aperfeiçoar os conceitos espontâneos dos alunos, por meio de um suporte científico durante as aulas, levando o estudante a realizar deduções, relações e interpretar a situação-problema. O discente deve ser considerado como um ser pensante, ativo e participante do processo de ensino-aprendizagem (CARVALHO e SASSERON, 2012).

Para Azevedo (2012, p. 20), uma atividade investigativa é aquela em que o aluno participa ativamente no processo de investigação para a resolução de um dado problema. Nesse processo o aluno é levado a observar, refletir, discutir, explicar e relatar a solução do problema. Essas atividades têm como característica apresentar questões abertas, avaliando os conceitos espontâneos dos alunos, a fim de promover um pensamento crítico e científico, que por meio do trabalho em grupo, possa determinar uma relação entre o resultado do problema e o conhecimento obtido.

Na investigação de Azevedo (2012) vemos que as atividades investigativas no ensino da Física podem ser comparadas a um trabalho realizado por um cientista, uma vez que permite que o estudante construa seu conhecimento além da simples aplicação de fórmulas matemáticas e leis físicas sem relação com os fenômenos do cotidiano.

Para Sá, Lima e Aguiar (2007) as atividades investigativas são capazes de obter várias configurações, podendo ser atividades práticas, teóricas, simulação computacional, demonstração, dentre outros. Esses autores escrevem que não existe um roteiro específico ou um manual sobre como realizar uma atividade investigativa, tendo em

vista que as atividades podem abordar apenas um ou vários pontos que fazem parte da investigação (SÁ, LIMA E AGUIAR, 2011).

Dentro desse contexto, o professor torna-se um mediador do conhecimento, através do qual direciona o aluno na construção do conhecimento, tirando-o do papel de mero espectador, para ser capaz de realizar atividades de um modo científico, tornando-se um sujeito ativo no seu processo de aprendizagem.

Assim, podemos ver que as atividades investigativas favorecem significativamente o processo de ensino-aprendizagem, tendo em vista que é capaz de proporcionar uma maior aproximação do aluno com o objeto de investigação científica. Segundo Terrazan, Lunardi e Hernandes (2003), esse tipo de metodologia tem muita potencialidade para auxiliar o processo de ensino, pois possibilita que os estudantes troquem opiniões entre si (trabalho em grupo) e com o professor, assim, diante de desafios, elaborem hipóteses, manipulem instrumentos, prevejam resultados, por meio de uma reflexão profunda sobre a situação proposta. Sobre isso, Máximo e Abib (2012, p. 3-4) afirmam:

As interações sociais são uma característica marcante de qualquer atividade investigativa, pois ela deve propiciar aos estudantes momentos para argumentar em favor de uma ideia, identificar pontos positivos e negativos de uma afirmação, avaliar a validade de argumentos utilizados. Tais procedimentos são essenciais para avançar, com o auxílio do professor e dos demais colegas, na busca de uma explicação com base na ciência para a resolução do problema proposto.

Esses autores afirmam, levando em consideração as teorias de Vigotsky (2000), que as atividades investigativas são capazes de propiciar a formação de conceitos científicos. Para eles, um conceito científico formado, não está completo, acabado no momento em que o aluno tem o primeiro contato com esse conhecimento, ou seja, é só o início dessa formação. Para que esse processo se inicie, uma situação-problema deve aparecer e somente será solucionada quando se formarem novos conceitos (MÁXIMO e ABIB, 2012).

Para Azevedo (2012), o estudante deve ter a percepção de que os conteúdos e temas propostos durante as aulas são fatos importantes para sua vida cotidiana. Esse autor destaca que as aulas investigativas dão ao aluno a oportunidade de participar ativamente no processo de aprendizagem. As atividades que envolvem investigação

e experimentação têm o potencial de promover uma aprendizagem real e conseqüentemente a formação de conceitos científicos, não sendo apenas baseadas na memorização.

Utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações (AZEVEDO, 2012, p. 25).

Quando o aluno busca a solução para uma situação-problema por meio de uma atividade investigativa, ele passa a atuar ativamente na construção do seu conhecimento através de uma interação entre o pensar, o sentir e o fazer. Sobre isso, Azevedo destaca:

É preciso que sejam realizadas diferentes atividades, que devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, envolvendo a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos para que os alunos possam construir seu conhecimento (AZEVEDO, 2012, p. 20).

Segundo esse autor, o objetivo é “levar o aluno a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em novas situações” (AZEVEDO, 2012, p. 20) e não se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação. A autora salienta que, para uma atividade ser considerada investigativa, problematizadora, ela deve conter elementos que conduzam o aprendiz a refletir, discutir, explicar, relatar e procurar soluções, desenvolvendo o aprendizado de procedimentos e atitudes característicos de uma investigação científica.

Esse tipo de processo de ensino torna-se determinante para a aprendizagem da Física, considerando que essas atividades levam o aluno a construir seu conhecimento, mediado pelo professor, tendo como degrau suas concepções espontâneas, dando origem ao conhecimento científico (VYGOTSKY, 2005, p. 107). Assim, o aluno se motiva na busca da solução do problema. Como diz Sá, Lima e Aguiar (2007, p. 11):

O que distingue uma atividade investigativa das outras é um conjunto de características e circunstâncias que contribuem para que o aluno inicie uma atividade dotada de motivações, inquietações e demandas que vão acabar por conduzi-lo à construção de novos saberes, valores e atitudes.

A atividade investigativa nas aulas de Física deve se pautar nos conceitos científicos, os quais têm por característica o destaque naquilo que é real e observável, dando a

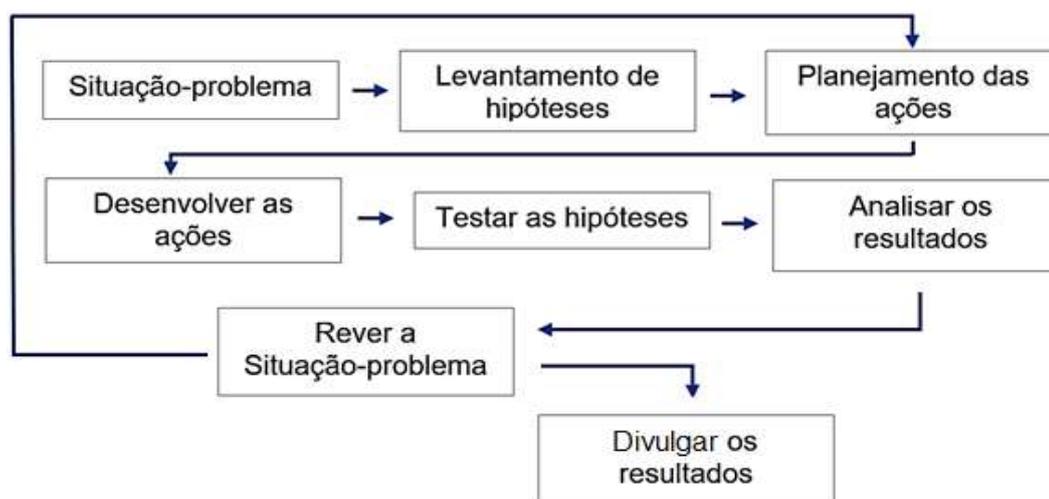
oportunidade de atrelar esses conceitos com as experiências vividas pelo aluno no seu cotidiano (VYGOTSKY, 2005). Consequentemente, o desenvolvimento de atividades investigativas, agregadas à realidade e à experiência pessoal dos alunos, preenche as lacunas cognitivas características dos conceitos científicos, ou seja, as atividades investigativas, mediados pelo professor, num processo interativo, são capazes de enriquecer e fortalecer os conceitos espontâneos atrelados a essa atividade, fazendo com que o aluno forme um conceito científico (VYGOTSKY, 2005).

3.3.3 Atividades investigativas: modelos

Como afirma Sá, Lima e Aguiar (2011), não existe um roteiro para a aplicação de uma atividade investigativa, entretanto, existem modelos que orientam sua aplicação, os quais mostraremos a seguir.

A National Science Teachers Association (NTSA) afirma que os alunos precisam de oportunidades para observar os fenômenos, envolverem-se na resolução dos problemas, fornecendo explicações sobre o seu pensamento. Para entrarem no “reino dos cientistas” (NTSA, 2018, p. 1, tradução nossa), ou seja, pensarem como cientistas, eles devem planejar, realizar investigações, resolver os problemas, criar modelos, analisar e interpretar dados, construir e explicar as soluções encontradas. Baseado nisso, criamos um diagrama para demonstrar esse modelo de aplicação para as atividades investigativas:

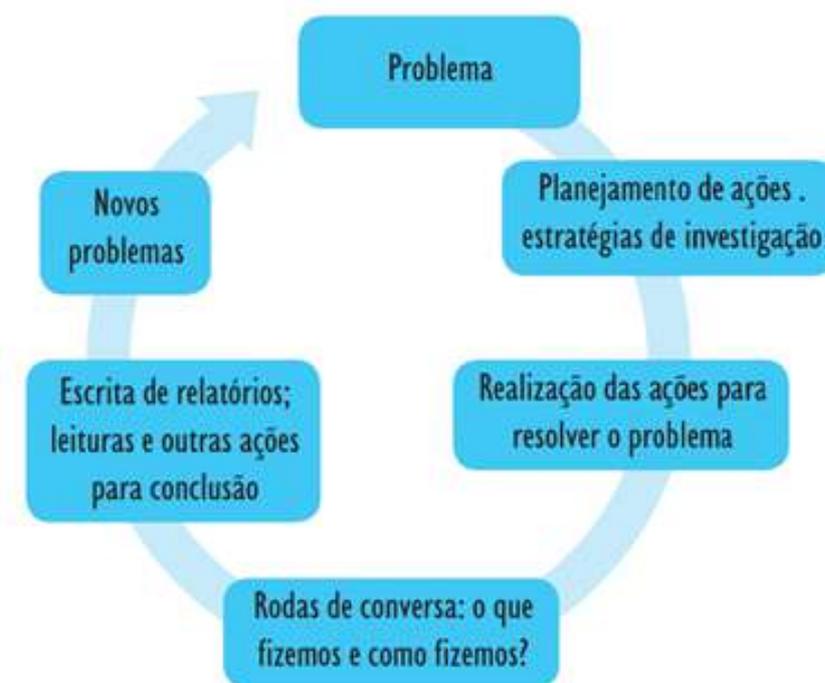
Figura 1 - Diagrama de Aplicação de Atividades Investigativas adaptado ao texto da NTSA (2018)



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Através do artigo “Atividades investigativas de ensino: mediação entre ensino, aprendizagem e formação docente em Ciências”, publicado na revista *Ciência e Educação*, entendemos que uma atividade investigativa que “é desencadeada pelo problema de aprendizagem, o qual conduz o estudante a planejar ações para resolvê-lo” (AZEVEDO, ABIB e TESTONI, 2018, p. 324-325) faz com que essas ações se tornem estratégias de investigação, de diferentes tipos, organizadas pelo professor para a conclusão da atividade, como por exemplo, “rodas de conversa, escrita de relatórios e leituras”. A figura abaixo mostra num ciclo o desenvolvimento de uma atividade investigativa.

Figura 2 - Esquema de desenvolvimento das atividades investigativas



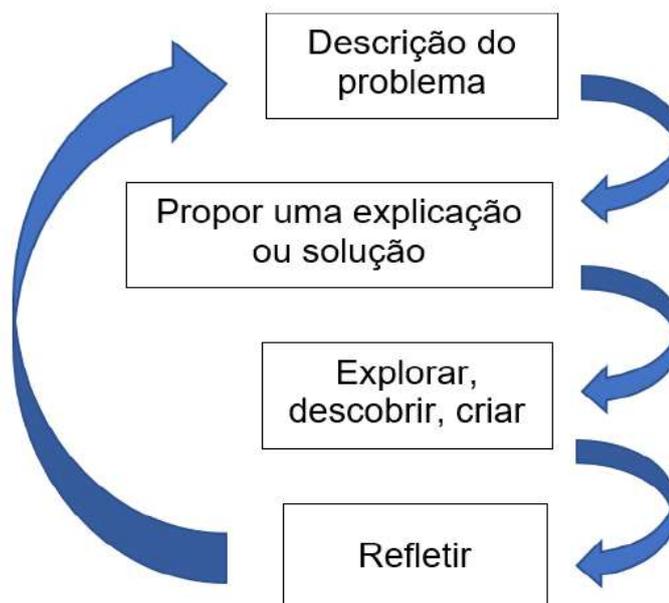
Fonte: Azevedo, Abib e Testoni, 2018, p. 325.

Carlson, Humphrey e Reinhardt (2004) trazem em seu livro “Weaving science inquiry and continuous assessment”, o desenvolvimento das atividades investigativas em quatro etapas: descrever o problema; explorar, descobrir, criar; propor uma explicação ou solução; e, refletir.

Nas etapas descritas por Carlson, Humphrey e Reinhardt (2003), os estudantes descrevem o problema, levantam hipóteses, organizam dados e planejam os materiais que possam ser utilizados para resolver o problema. A partir daí, eles propõem uma explicação e uma solução. Nessa etapa, os estudantes passam a construir novos conceitos baseados em suas observações e conclusões. Por fim, eles reveem suas

respostas e refletem sobre os conhecimentos adquiridos e suas aplicações em investigações futuras. O esquema mostrado na figura abaixo demonstra o modelo de desenvolvimento das atividades investigativas, conforme Carlson, Humphrey e Reinhardt (2004).

Figura 3 - Ciclo das atividades investigativas



Fonte: Adaptado pelo pesquisador com base em Carlson, Humphrey e Reinhardt (2003).

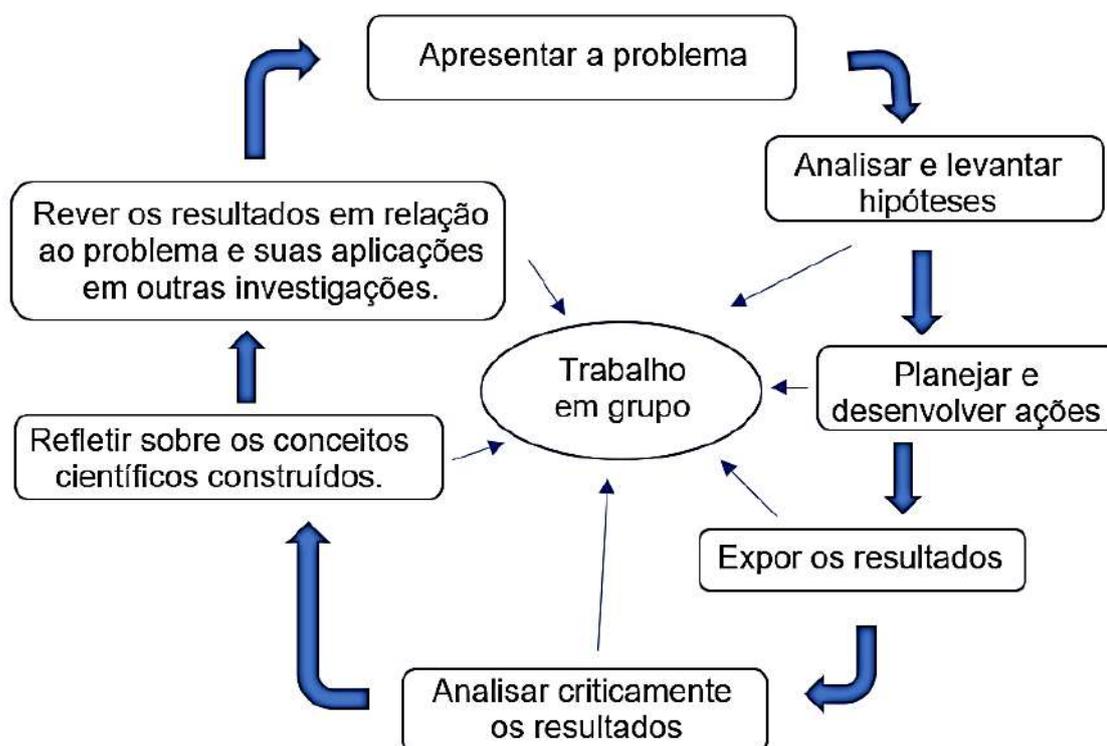
Gil e Castro (1996) descrevem algumas características que podem ser exploradas no desenvolvimento de uma atividade investigativa, tais como:

- a) Apresentar situações de problemas abertos de um nível adequado de dificuldade;
- b) Incentivar os alunos a refletir sobre a relevância das situações propostas, com temas contextualizados ao cotidiano;
- c) Aprimorar as análises qualitativas e significativas que ajudam a delimitar as hipóteses levantadas;
- d) Propor o levantamento de hipóteses como atividade central da pesquisa científica;
- e) Dar toda importância ao desenvolvimento de projetos e planejamento de atividades experimentais pelos próprios alunos;
- f) Promover, sempre que possível, a incorporação de tecnologia atual para projetos experimentais (computadores, eletrônicos, automação), a fim de favorecer uma visão mais correta da atividade técnico-científica contemporânea;
- g) Analisar criticamente e detalhadamente os resultados (sua interpretação física,

- confiabilidade etc.), à luz do conhecimento disponível, das hipóteses levantadas e os resultados de outras equipes de estudantes;
- h) Levar em consideração as possíveis perspectivas, repensando o estudo em outro nível de complexidade ou problemas derivados;
 - i) Solicitar um esforço de integração que considere a contribuição do estudo realizado para a construção de um corpo coerente de conhecimentos, bem como possíveis implicações em outros campos do conhecimento;
 - j) Dar importância especial ao desenvolvimento dos conceitos científicos que refletem o trabalho realizado;
 - k) Fortalecer a dimensão coletiva do trabalho científico, organizando equipes de trabalho e facilitando a interação entre cada equipe e a comunidade científica.

Para demonstrarmos melhor o que trazem Gil e Castro (1996), elaboramos um esquema mostrado na figura abaixo.

Figura 4 - Ciclo do desenvolvimento de atividades investigativas



Fonte: Adaptado pelo pesquisador baseado em Gil e Castro (1996, p. 156-157).

Esses autores afirmam que essas características não constituem nenhum algoritmo a ser seguido integralmente, mas sim uma orientação a seguir. Para eles, o trabalho científico não pode ser dividido em etapas, pois a riqueza da ciência está presente

nas tentativas de transformar e não apenas na prática (Gil e Castro, 1996).

Podemos perceber nos modelos demonstrados anteriormente, que todos partem de um problema e, também, que todos levam os alunos a participar coletivamente das atividades, levantando hipóteses, questões e, principalmente, realizando ações reflexivas e críticas. Acreditamos que as atividades investigativas trazem grandes vantagens, tendo em vista que percebemos que elas estão alicerçadas na interação entre os sujeitos envolvidos (aluno e aluno; aluno e professor). Fato esse que contribui para a resolução dos problemas. Sobre isso, Rego afirma que “[...] o diálogo, a cooperação e a troca de informações mútuas, o confronto de pontos de vista divergentes e que implicam na divisão de tarefas onde cada um tem uma responsabilidade que, somadas, resultarão no alcance de um objetivo comum” (REGO, 1995, p. 110).

CAPÍTULO IV

CONSTRUINDO O PERCURSO DA PESQUISA COM BASE NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL

Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino. [...] Fala-se hoje, com insistência, no professor pesquisador. No meu entender o que há de pesquisador no professor não é uma qualidade ou uma forma de ser ou de atuar que se acrescente à de ensinar. Faz parte da natureza da prática docente a indagação, a busca, a pesquisa. O de que se precisa e que, em sua formação permanente, o professor se perceba e se assuma, porque professor, como pesquisador (FREIRE, 2016, p. 30).

Com base nas palavras do autor, refletiremos sobre a ação da pesquisa que sustenta a presente dissertação de Mestrado em Ensino na Educação Básica. Por meio dessa pesquisa podemos compreender a realidade do objeto e dos participantes da pesquisa, fazer indagações, intervenções e ações que põem o pesquisador como um colaborador no alcance daquilo que foi proposto neste trabalho.

Assim, dedicamo-nos a descrever o percurso do desenvolvimento da pesquisa e os métodos que foram utilizados para atingir o objetivo da investigação: analisar criticamente a apropriação de conceitos de Física Moderna e Contemporânea, à luz da teoria histórico-cultural, apresentando tópicos da Astronomia e da Astrofísica como caminhos motivadores e facilitadores para o processo de ensino-aprendizagem da Física na Educação Básica.

Deste modo, apresentaremos adiante a escola escolhida para pesquisa e os participantes da investigação, o processo metodológico, o objeto de estudo, a natureza da pesquisa, o desenvolvimento das atividades e as técnicas e instrumentos utilizados para a coleta de dados.

Durante nossa investigação, reconhecemos a necessidade e a importância de conhecermos as peculiaridades do meio social em que vivem os participantes pesquisados, dessa forma, iremos caracterizar o ambiente escolar e os alunos que participam dessa pesquisa. Esse procedimento tem o propósito de auxiliar na adaptação e na relação do pesquisador com os participantes da pesquisa e oferecer subsídios para a elaboração das atividades a serem aplicadas e análise dos dados coletados.

4.1 BASES TEÓRICAS E AS FRENTES DE TRABALHO DA PESQUISA ADOTADAS EM NOSSA INVESTIGAÇÃO

4.1.1 Abordagem qualitativa da pesquisa

O referencial teórico metodológico que fundamenta a pesquisa apresenta-se numa abordagem qualitativa, por meio de atividades investigativas, que oportuniza uma proximidade do pesquisador com o objeto da pesquisa, possibilitando obter análises mais concretas do meio pesquisado. Chizzotti (2011, p. 28) escreve que a pesquisa qualitativa “implica uma partilha densa com pessoas, fatos e locais que constituem objetos de pesquisa, para extrair desse convívio os significados visíveis e latentes que somente são perceptíveis a uma atenção sensível”. Essa abordagem não está preocupada com a quantidade de informações coletadas, mas sim em investigar e analisar todas as peculiaridades da realidade do objeto pesquisado. Sobre isso, André (2013) destaca que:

Na perspectiva das abordagens qualitativas, não é a atribuição de um nome que estabelece o rigor metodológico da pesquisa, mas a explicitação dos passos seguidos na realização da pesquisa, ou seja, a descrição clara e pormenorizada do caminho percorrido para alcançar os objetivos, com a justificativa de cada opção feita. Isso sim é importante, porque revela a preocupação com o rigor científico do trabalho, ou seja: se foram ou não tomadas as devidas cautelas na escolha dos participantes, dos procedimentos de coleta e análise de dados, na elaboração e validação dos instrumentos, no tratamento dos dados. Revela ainda a ética do pesquisador, que ao expor seus pontos de vista dá oportunidade ao leitor de julgar suas atitudes e valores (ANDRÉ, 2013, p. 96).

Com esses embasamentos, percebemos que a pesquisa por meio da abordagem qualitativa possibilita uma análise de diferentes processos e contextos nos quais estão inseridos os participantes da pesquisa. Essa metodologia aproxima o pesquisador de dados subjetivos que permitem uma análise crítica das possibilidades, práticas e desafios que atravessam o ensino da Física na Educação Básica.

4.1.2 O objeto de estudo

Nossa pesquisa visa refletir sobre o processo de ensino-aprendizagem da Física, trazendo tópicos de Astronomia e Astrofísica como caminhos motivadores e facilitadores nesse processo. Assim, dentro desses temas, trouxemos como ideia um estudo dos fenômenos que ocorrem nas estrelas, como a análise dos espectros estelares e a síntese dos elementos químicos, oportunizando abordar os conceitos

de fusão e fissão nuclear. Esses temas foram desenvolvidos com a participação ativa dos estudantes, mediado pelo pesquisador, por meio, principalmente, da realização de atividades investigativas.

Fundamentado pelo objeto de estudo apresentado, fazemos o seguinte questionamento, no qual se baseia a condução da nossa pesquisa: **é possível desenvolver alternativas didáticas, com a utilização de tópicos da Astronomia e da Astrofísica como caminhos motivadores para o processo de ensino-aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, por meio de atividades investigativas?**

4.1.3 Caracterização do local e dos participantes da pesquisa

A escola escolhida para a realização da pesquisa está localizada no campo do município de São Gabriel da Palha/ES, que atende um público advindo de um distrito local e das comunidades do campo vizinhas, que são compostas em sua grande maioria, por filhos de pequenos proprietários rurais e agricultores (Projeto Político Pedagógico - PPP, 2018).

Nessa instituição, no ano de 2019, estavam matriculados 241 alunos, sendo 79 no Ensino Fundamental I, 115 no Ensino Fundamental II e 47 no Ensino Médio.

Os participantes da pesquisa foram os alunos matriculados no 2º ano do Ensino Médio, que funcionava no turno vespertino. A escolha desses participantes da pesquisa justifica-se pelos temas que foram trabalhados, os quais estão em consonância com o Currículo do Espírito Santo (ESPÍRITO SANTO, 2018), e também pelo número reduzido de alunos da turma, quatorze (14) alunos, que torna mais viável uma melhor qualidade na investigação, bem como, há maior facilidade de acesso e afinidade do pesquisador com a instituição escolhida para a pesquisa.

4.1.4 Requerimento e autorizações para início da investigação

Iniciamos nosso trabalho com um requerimento de autorização protocolado junto à direção da escola, detalhando a proposta da pesquisa e solicitando os seguintes documentos:

- 1) Cópia do Projeto Político Pedagógico atualizado para caracterização do local e dos participantes da pesquisa;
- 2) Autorização para uso do espaço escolar para realização de encontros com os participantes da pesquisa a fim de realizar as atividades propostas na investigação;
- 3) Lista com nome dos alunos da 2ª série do EM e seus respectivos responsáveis para a confecção dos Termos de Assentimento Livre e Esclarecido e dos Termos de Consentimento Livre (APÊNDICE A) e Esclarecido Destinado aos Pais ou Responsáveis Legais (APÊNDICE B);
- 4) Autorização dos pais ou responsáveis dos alunos para realização da observação do céu, no período noturno, fora do ambiente escolar.

4.1.5 A pesquisa documental

Como discorrem Lüdke e André (1986, p. 39), os documentos são uma fonte poderosa de pesquisa, por meio deles podemos retirar evidências que fundamentam as afirmações e as declarações do pesquisador. Para esses autores, os documentos “não são apenas uma fonte de informação contextualizada, mas surgem num determinado contexto e fornecem informações sobre esse mesmo contexto” (LÜDKE & ANDRÉ, 1986, p. 39).

Assim, analisamos os documentos que embasam o ensino de Física no Brasil, a fim de entendermos a realidade do processo de ensino-aprendizagem desse componente curricular na Educação Básica. Para isso recorreremos à Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e aos PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

Em seguida, analisamos o Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola escolhida para a pesquisa, com a finalidade de conhecermos a instituição em que ocorreu a pesquisa e, também, os participantes da investigação.

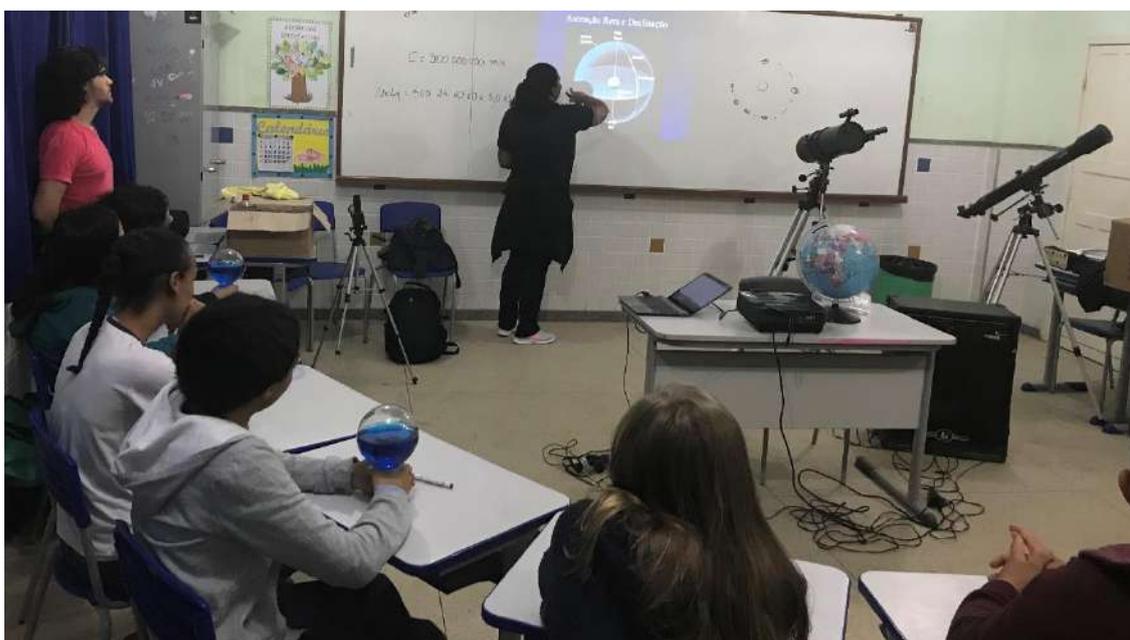
4.1.6 Como observar o céu noturno

No dia 05 de agosto de 2019, realizamos nosso primeiro encontro com os alunos participantes da pesquisa. Nessa ocasião a Prof.^a. Dr.^a Márcia Regina Santana Pereira, orientadora da pesquisa, ministrou uma palestra com o tema “Observação do céu noturno”, com o auxílio do Mestre **Timóteo Ricardo Campos de Farias**, com a finalidade de introduzir nossos alunos participantes no estudo da Astronomia.

Durante a palestra, a Profa. Dra. Márcia falou sobre como é observar o céu noturno, falou sobre o nosso Sol e seu tamanho e distância de nós e explicou como funciona nosso sistema solar. Por fim, falou sobre a “esfera celeste” e foi dada uma atividade experimental, na qual foi utilizado um balão de fundo redondo²⁰, com metade de seu volume cheio com um líquido azul, simulando o movimento da esfera celeste, com a finalidade de localizar os astros no céu noturno.

Após a atividade, os alunos tiveram a oportunidade de ter contato com três telescópios montados na sala de aula, sendo dois para observação noturna e um para observação do Sol. Todavia, não foi possível realizar nenhuma observação devido ao tempo chuvoso.

Figura 5 - Palestra "Observação do céu noturno"



Fonte: arquivo pessoal.

²⁰ Equipamento utilizado em laboratórios para aquecimento de líquidos e reações com desprendimento gasoso.

Figura 6 - Experimento para localização de astros no céu noturno



Fonte: arquivo pessoal.

4.1.7 O grupo focal

O grupo focal permite um relacionamento dialético, um entrelaçamento de ideias e uma reflexão conjunta entre os participantes, tendo em vista que a análise de um vai ao encontro da análise dos outros, proporcionando que seus pensamentos se confrontem e complementem-se. Desta forma, o pesquisador pode compreender a complexidade existente no ambiente da pesquisa. Sobre esse tema, Vergara (*apud* OLIVEIRA; LEITE FILHO; RODRIGUES, 2007, p. 4) destaca que:

[...] um grupo reduzido de pessoas com as quais o pesquisador discute sobre o problema a ser investigado, de modo a obter mais informações sobre ele, dar-lhe um foco, um afunilamento, bem como uma direção ao conteúdo dos instrumentos de coleta de dados.

O grupo focal proporciona um debate prévio sobre um tema comum entre os participantes da pesquisa, fundamentando-se numa argumentação racional na qual a diversidade de status entre os indivíduos não deve ser levada em consideração (GASKELL, 2002, p. 79). Assim, destacamos a importância da realização do grupo focal, pois como descreve Vergara, o uso desse método:

[...] é particularmente apropriado quando o objetivo é explicar como as pessoas consideram uma experiência, uma ideia ou um evento, visto que a discussão durante as reuniões é efetiva em fornecer informações sobre o que as pessoas pensam ou sentem ou, ainda, sobre a forma como agem (VERGARA, *apud* OLIVEIRA; LEITE FILHO; RODRIGUES, 2007, p. 4).

Com base nessas teorias, no dia 10 de outubro de 2019, no turno vespertino, utilizamos duas aulas de 55 minutos para a coleta de dados, via grupo focal, com a finalidade de analisar os conhecimentos prévios e conceitos espontâneos e, após uma apresentação, analisamos a formação de novos conceitos dos alunos, tendo como base os temas:

- Importância do Sol como fonte de energia que possibilita a vida na Terra;
- A relação do tamanho relativo do Sol com a Terra e outros planetas do Sistema Solar;
- A comparação entre o Sol e outras estrelas;
- A temperatura do Sol em suas diferentes camadas;
- A estrutura do Sol (núcleo, camadas e coroa);
- Manchas, Protuberâncias e Vento solar;
- A produção de energia no Sol (Fusão Nuclear) e sua comparação com outros processos de produção de energia;
- Como ocorre a morte das estrelas.

Figura 7 - Grupo Focal: O Sol e a origem dos elementos químicos



Fonte: arquivo pessoal.

O grupo focal foi conduzido pelo pesquisador, que, inicialmente, pediu aos alunos que representassem numa folha de papel como eles achavam que era a forma do nosso Sol, seu aspecto, seu interior e sua composição (ANEXO 04).

Figura 8 - Grupo Focal: Representação do Sol antes da apresentação



Fonte: arquivo pessoal.

Após essa atividade, realizamos uma apresentação com o auxílio do projetor e do notebook, com imagens e vídeos relacionados aos temas apresentados acima, em que foi debatido com os alunos sobre conceitos de fissão e fusão nuclear, velocidade da luz, radiação, gravidade e morte das estrelas, a fim de os relacionar com os seus conceitos espontâneos, transformando-os em novos conceitos científicos (VYGOTSKY, 2005, p. 72-73).

Assim, depois da apresentação e do debate, foi novamente pedido aos alunos que representassem a forma do nosso Sol, seu aspecto, formação no seu interior e sua composição (ANEXO 04), a fim de analisarmos, por meio da apresentação do conhecimento científico, a interação com os conceitos espontâneos dos alunos, o processo de formação de conceitos científicos.

Figura 9 - Grupo Focal: Representação do sol após a apresentação



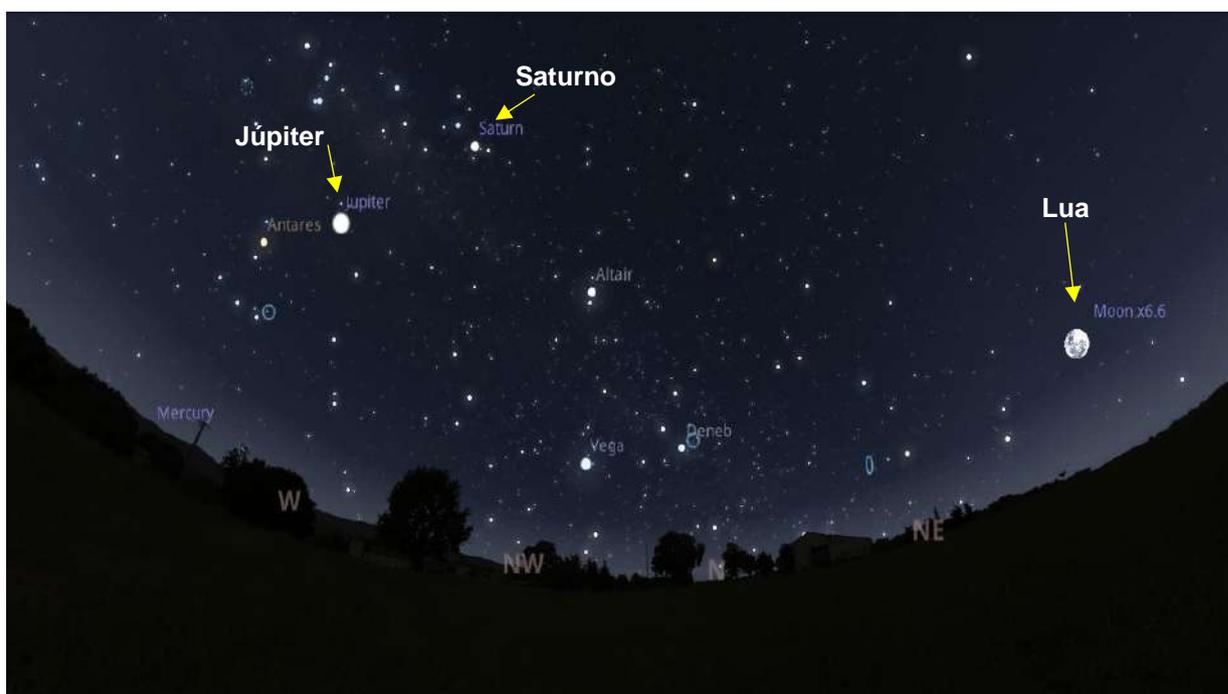
Fonte: arquivo pessoal.

4.1.8 Momento de observação do céu

No encontro para realizarmos a observação do céu noturno, utilizamos o telescópio como ferramenta de integração entre a Física e o ensino do espectro da luz. O telescópio é um instrumento desenvolvido que proporcionou grandes revoluções científicas. Assim, antes das observações, apresentamos aos alunos um vídeo chamado “Documentário: Telescópios - National Geographic”, no qual podemos entender sua utilização, sua história e sua importância no mundo da Ciência.

Nas observações, utilizamos como auxílio para a localização dos astros, o software Stellarium, que foi mostrado e explicado aos alunos antes da realização das observações. O Stellarium trata-se de um software disponível gratuitamente na internet, com código aberto, que tem uma notável capacidade para a exploração de temas relacionados à Astronomia, simulando uma visualização do céu numa condição muito próxima da realidade, com informações sobre mais de 600.000 estrelas, de ilustrações das constelações, de imagens de nebulosas, da atmosfera, do nascer e do pôr do Sol, dos planetas do sistema solar e seus satélites, eclipses solar e da lua etc. (STELLARIUM, 2019).

Figura 10 - Visão do Software Stellarium no dia 10/10/2019, às 19h27min.



Fonte: <https://stellarium-web.org/>.

A observação foi realizada no dia 10 de outubro de 2019, no Distrito de Vila Fartura, município de São Gabriel da Palha/ES, no período noturno. Durante a atividade podemos observar a Lua, os planetas Júpiter e Saturno, bem como algumas constelações e estrelas.

No decorrer da atividade, observamos o comportamento dos alunos ao ver as imagens no telescópio. Aproveitando esse momento, explicamos sobre a luz das estrelas e como essa luz pode revelar a distância em que se encontra a estrela, sua temperatura e composição química, principalmente, por meio da análise do seu espectro²¹. Tudo isso anotado no diário de campo.

4.1.9 As atividades investigativas

De acordo com os PCN+:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável (BRASIL, 2006, p. 84).

Acreditamos que com a utilização de atividades investigativas, torna-se possível que o aluno se envolva de forma participativa no processo de aprendizagem, o qual pode proporcionar um aprendizado dos mais variados conteúdos, contribuindo para a construção de novos conceitos. Assim, com a finalidade de analisar e refletir o processo de aprendizagem de novos conceitos pelos alunos, realizamos quatro encontros com a aplicação de atividades envolvendo conteúdos de Astronomia, Astrofísica e tópicos da FMC, como demonstraremos a seguir.

4.1.9.1 Atividade sobre a origem dos elementos químicos (nucleossíntese estelar²²)

No dia 21 de outubro de 2019, realizamos um encontro com os alunos, no qual,

²¹ A intensidade da luz em diferentes comprimentos de onda, chamamos de espectro. Quase todas as informações sobre as propriedades físicas das estrelas são obtidas direta ou indiretamente de seus espectros, principalmente suas temperaturas, densidades e composições (FILHO e SARAIVA, 2018).

²² A maior parte dos elementos químicos que podemos observar é originada em processos que ocorrem no interior das estrelas, ou seja, processos de nucleossíntese estelar, em que a transformação de um elemento em outro é um subproduto da geração de energia nas estrelas. De maneira geral, podemos

primeiramente, foi debatido sobre o surgimento dos elementos químicos e seus conhecimentos sobre o assunto. Em seguida, foram exibidos os vídeos: “Físico Explica a Origem dos Elementos Químicos” (O'DOWD, 2016) e “Porque somos poeira das estrelas?” (DUTRA, 2018).

Depois disso, a turma foi dividida em três grupos e foi-lhes distribuída uma atividade com problemas sobre o tema “nucleossíntese dos elementos químicos” (APÊNDICE C). A atividade tinha por objetivo a análise e reflexão pelos grupos, que buscaram respostas para as questões apresentadas, com a interação entre os participantes do grupo e com o auxílio de pesquisas na internet, disponibilizada no notebook do pesquisador.

Para finalizar, os grupos redigiram um pequeno texto com as hipóteses, explicações e soluções para os problemas, que foram apresentados para os demais alunos e debatido entre eles.

Figura 11 - Momento do debate na atividade sobre nucleossíntese dos elementos químicos



Fonte: arquivo pessoal.

4.1.9.2 Atividade sobre a utilização da energia nuclear (fusão e fissão nuclear)

No dia 25 de outubro de 2019, inicialmente, realizamos um experimento sobre reação

subdividir esses processos em duas classes, a nucleossíntese quiescente, caracterizada pelas reações nucleares que ocorrem durante a vida de todas as estrelas, e a nucleossíntese explosiva, que ocorre somente nos estágios finais de estrelas de grande massa ou estrelas em sistemas binários, em explosões de supernovas (MACIEL, 2004).

em cadeia²³ para simular o que ocorre durante o processo de fissão nuclear²⁴, utilizando uma caixa plástica, bolas de ping-pong e ratoeiras, conforme as Figuras 12 e 13. A experiência consiste em armar as ratoeiras dentro da caixa plástica e em cada uma colocar uma bola de ping-pong, depois lança-se, de uma certa altura, outra bola de ping-pong dentro da caixa. Com a colisão dessa bola com as que estão na ratoeira, dá-se início a uma reação em cadeia, ou seja, quando a bola atinge uma outra bola que está numa ratoeira, esta desarma lançando a bola, que atinge outra e assim por diante. Com essa experiência, podemos demonstrar como acontece a reação em cadeia no processo de fissão nuclear.

No início tivemos um pouco de dificuldade de armar as ratoeiras e colocar as bolas de ping-pong, pois sempre uma desarmava e assim acontecia com as restantes. Esse momento foi de muita descontração, pois a dificuldade de armar as ratoeiras acabaram tornando a atividade divertida. Depois de algum tempo conseguimos montar o experimento e foi solicitado para um aluno soltar uma bola de ping-pong sobre a caixa, assim visualizamos a ilustração da reação em cadeia.

Dando seguimento, foi questionado o que aconteceria se a bola fosse deixada cair de uma altura maior e também, se a bola em vez de ser deixada cair, fosse arremessada com força sobre as ratoeiras. Com essas questões, podemos trabalhar alguns conceitos de gravidade e velocidade, além do conceito de fissão nuclear.

Por fim, a turma foi dividida em três grupos e foram distribuídos os textos “A capacidade de geração de energia com base nuclear está aumentando em todo mundo” (PETRONOTÍCIAS, 2018), “Entenda por que a falta de chuva aumenta o custo da energia no Brasil” (BOMTEMPO, 2014) e exibido o vídeo “Como a Energia Nuclear Funciona?” (CALAZANZ, 2016). Posteriormente foi desenvolvida uma atividade sobre: geração da energia nuclear, bomba nuclear, usinas nucleares

²³ Reação em cadeia é um termo que faz referência a uma sucessão de reações químicas ou, subprodutos de reações idênticas provindas de um mesmo ponto de reação sem nenhuma interferência aparente no processo até que a atividade reacional se esgote. Para entendermos essa temática, vamos retomar o conceito de reação química (PERIPATO, 2017).

²⁴ O termo fissão nos sinaliza que consiste na cisão, separação ou ‘quebra’ do núcleo atômico. Trata-se do processo de fragmentação do núcleo em outros dois núcleos menores, no qual há liberação de grande quantidade energia, energia nuclear (PERIPATO, 2017).

(APÊNDICE D).

Figura 12 - Montagem do experimento de reação em cadeia



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 13 - Experimento para simular a reação em cadeia



Fonte: arquivo pessoal.

4.1.9.3 Construção de um espectroscópio

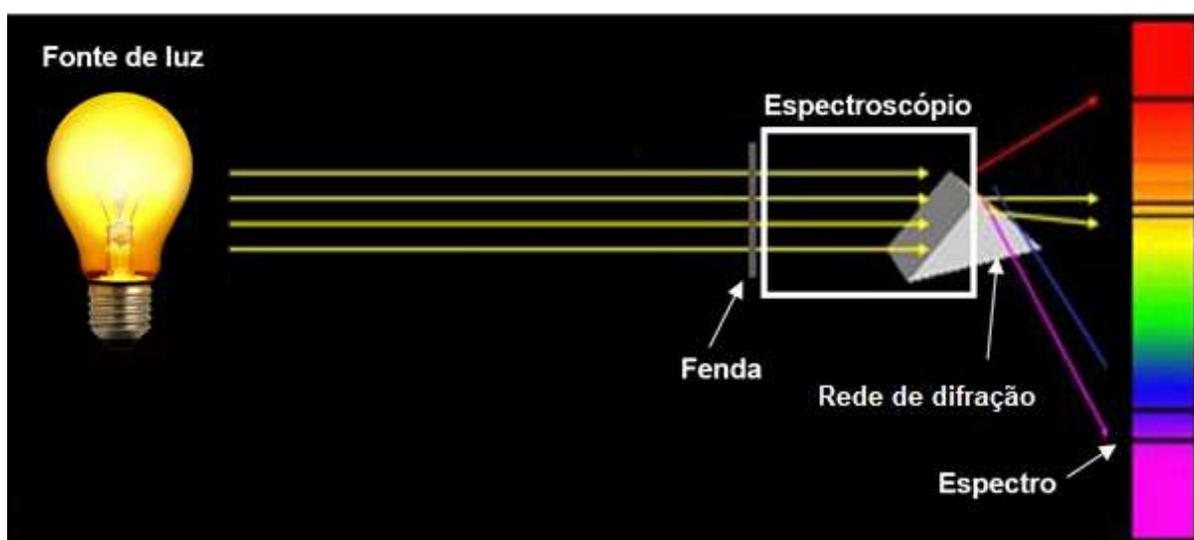
No dia 05 de novembro de 2019, construímos dois espectroscópios²⁵ com material de baixo custo. O espectroscópio é um equipamento simples capaz de observar e analisar o espectro luminoso de uma fonte de luz. Esse aparelho baseia-se no fenômeno de difração, que consiste na decomposição da luz ao atravessar uma rede de difração. O fenômeno da difração acontece quando uma onda contorna um ou mais obstáculos e muda sua difração. A análise do espectro da luz serve para a identificação dos elementos químicos e espectros atômicos.

Figura 14 - Ilustração do espectro de uma estrela



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>.

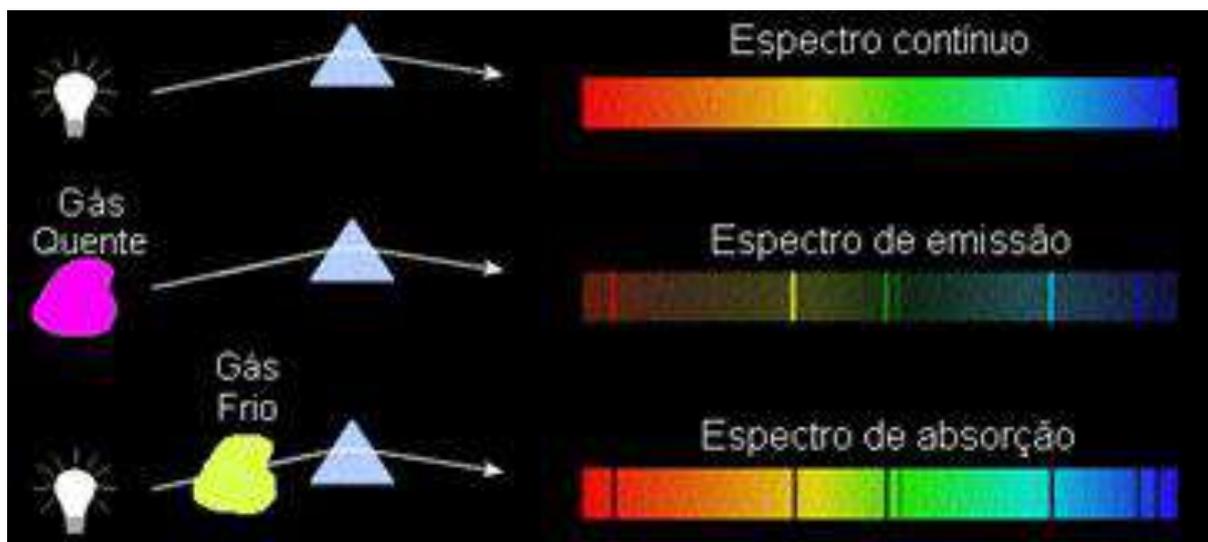
Figura 15 - Funcionamento do Espectroscópio



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

²⁵ O espectroscópio é um instrumento para visualizar o espectro. A peça básica do espectroscópio é a rede de difração ou o prisma, cuja função é dispersar o feixe de radiação em seus comprimentos de onda componentes (SARAIVA, 2004).

Figura 16 - Tipos de Espectros



Fonte: Espectros Contínuos, de Emissão e de Absorção (FOGAÇA, 2011).

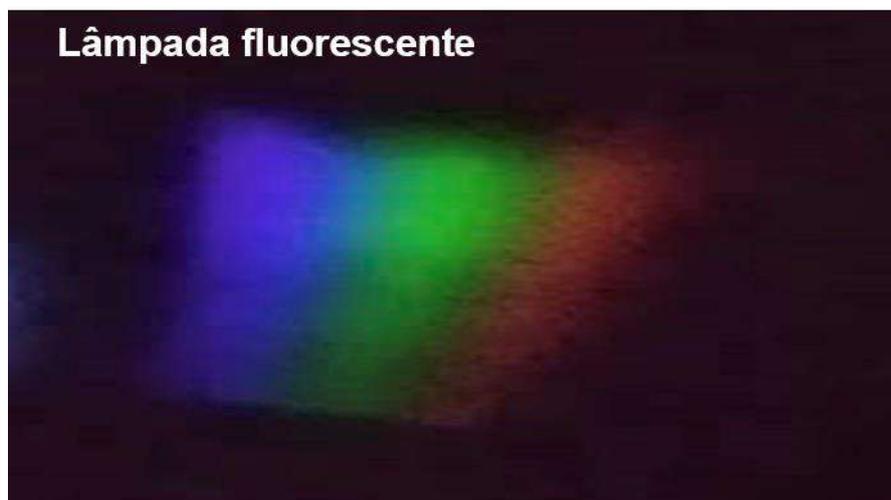
Para a montagem do primeiro espectroscópio (Figura 15), utilizamos o roteiro de Barros, Assis e Langhi (2013, p. 1038-1040) em “Proposta de construção de espectroscópio como alternativa para o ensino de Astronomia” (APÊNDICE E), no qual foram utilizados os seguintes materiais: um tubo de papelão; uma mídia DVD; papel cartão preto; fita isolante e estilete.

Figura 17 – Espectroscópio construído pelos alunos participantes da pesquisa, modelo de Barros, Assis e Langhi (2013).



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 18 - Espectro obtido com o primeiro espectroscópio construído pelos alunos.



Fonte: arquivo pessoal.

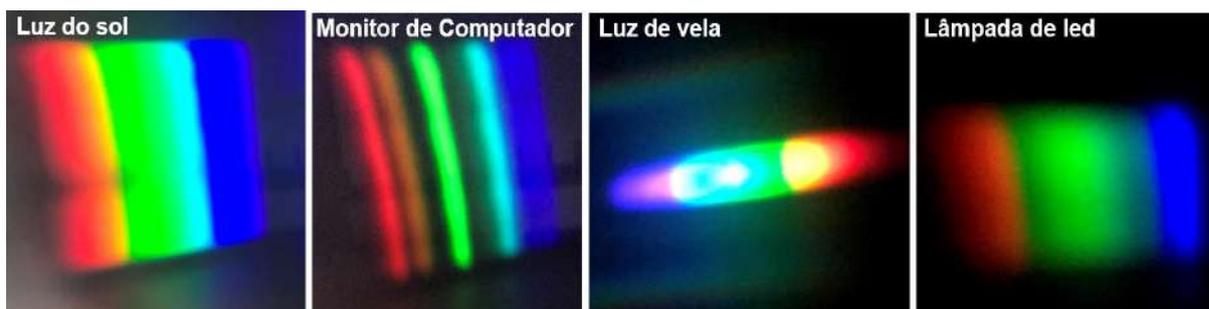
Para a montagem do segundo espectroscópio (Figura 17), utilizamos o roteiro de (APÊNDICE E) e o vídeo “Física Experimental IV – Espectroscópio Caseiro” (CAMILETTI, 2006). No experimento foram utilizados: uma caixa de papelão; 01 mídia DVD; fita isolante e estilete.

Figura 19 - Espectroscópio construído pelos alunos, modelo de Camiletti (2006)



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 20 - Espectros obtidos pelo espectroscópio, modelo de Camiletti (2006)



Fonte: arquivo pessoal.

Após a montagem dos espectroscópios e realizadas as observações dos espectros, dividimos a turma em três grupos e distribuimos uma folha com questões relacionadas ao espectro da luz, para a reflexão e soluções (APÊNDICE E).

4.1.10 Os procedimentos de coleta e análise dos dados

4.1.10.1 Os instrumentos para a coleta dos dados

Com a finalidade de registrar as observações e reflexões sobre as atividades desenvolvidas durante a nossa investigação, utilizamos como ferramenta um diário de campo. De acordo com Falkembach (1987), o diário de campo tem por finalidade possibilitar que o pesquisador registre todos os detalhes da investigação, os fatos e as experiências e reflexões, desde o planejamento até a análise dos dados.

Outro instrumento que lançamos mão para a coleta de dados, o qual consideramos muito importante para a qualidade da investigação, é a gravação dos áudios dos encontros realizados durante a pesquisa. Segundo Lima (2015), os áudios gravados têm sua relevância no âmbito de muitos trabalhos, pois a transcrição deles permite ao pesquisador fazer uma análise mais criteriosa de cada fala dos participantes, tendo em vista que “as palavras carregam consigo bastante significado. A simples leitura de uma fala me fazia pensar de maneira diferente a respeito do discurso de um sujeito de pesquisa” (LIMA, 2015, p. 3).

Assim, optamos por esses dois instrumentos para coleta de dados, haja vista que proporcionam uma compreensão mais detalhada dos acontecimentos e das falas dos participantes da pesquisa.

4.1.10.2 A análise dos dados: metodologia

Nossa pesquisa possui uma abordagem qualitativa, como já foi exposto anteriormente. Da mesma forma, a análise de dados e as reflexões que fomentaram nossa investigação, também se caracterizam numa abordagem qualitativa. Como escreve André e Lüdke:

Analisar os dados qualitativos significa “trabalhar” todo o material obtido durante a pesquisa, ou seja, os relatos das observações, as transcrições de

entrevistas, as análises de documentos e as demais informações disponíveis (1986, p. 45).

Acreditamos que uma abordagem qualitativa numa pesquisa que envolve ensino-aprendizagem é mais vantajoso, tendo em vista que temos interesse no processo, nas intervenções, nos debates e na evolução dos conceitos dos participantes da pesquisa.

CAPÍTULO V

DESVENDANDO A PESQUISA E DIALOGANDO COM OS DADOS

As exigências da vida são demasiadamente multiformes para que esse aprendizado específico na escola pareça possível. Ademais, parece-me censurável tratar o indivíduo como uma ferramenta inanimada. A escola deve ter por finalidade que o jovem a deixe como uma personalidade harmoniosa, não como um especialista (EINSTEIN apud MEDEIROS e MEDEIROS, 2006, p. 221).

Refletindo nas palavras de Einstein, acreditamos que a educação tem um papel além daqueles que estão redigidos nas leis, códigos e estatutos. Nós enquanto educadores, temos o compromisso ético não só de ensinar, mas de formar cidadãos dotados de senso crítico, pensamento científico e aptos a integrarem uma sociedade de forma que possam contribuir para seu desenvolvimento.

Sendo assim, neste capítulo vamos refletir de uma forma dialética, sob a perspectiva histórico-cultural, a partir das interações e falas entre alunos e entre estes e o pesquisador. Para tanto, procuramos a partir desses enunciados, a evolução dos conceitos dos estudantes em relação aos conhecimentos de pontos da Astronomia e da Astrofísica, com tópicos da FMC, trabalhados por meio da aplicação de atividades investigativas.

Partindo das nossas observações, das intervenções e das interações entre todos os sujeitos, para podermos compreender melhor o processo de aprendizagem e suas contribuições na relação de ensino da Física, traçamos DUAS linhas de análise em relação aos objetivos que buscamos alcançar. Destacamos que essa análise não tem a finalidade de comensurar o aprendizado dos alunos, mas avaliar o desenvolvimento do processo de aprendizado e a evolução dos conceitos espontâneos para os conceitos científicos.

Para melhor apresentar nossa análise e manter em sigilo a identificação dos participantes da pesquisa, nomeamos nossos alunos com nomes fictícios²⁶, os quais remetem-se aos temas que estão sendo abordados nessa investigação, que são: Sol, Lua, Terra, Júpiter, Marte, Estrela, Netuno, Galáxia, Cometa, Luz, Saturno e Urano.

²⁶ Apesar de serem doze alunos participantes da pesquisa, nem todos estavam presentes nas atividades, todavia, não prejudicou em nada nossa investigação.

5.1 A ASTRONOMIA E A ASTROFÍSICA COMO CAMINHOS MOTIVADORES NO ENSINO DA FÍSICA

Durante a realização dos três primeiros encontros (Palestra “Como observar o céu noturno, grupo focal e momento de observação do céu noturno), nós apresentamos e debatemos com os participantes da pesquisa, assuntos relacionados à Astronomia e à Astrofísica.

Logo no primeiro encontro, com a palestra realizada pela Profa. Dra. Marcia (orientadora da pesquisa), notamos que não houve uma participação ativa dos alunos, uma vez que o tema abordado era uma novidade para eles. Porém, podemos observar que os alunos estavam atentos e demonstravam interesse naquilo que estava sendo apresentado. No diário de campo consta o seguinte:

Logo que chegamos na sala de aula, as cadeiras dos alunos estavam dispostas em meio círculo. Então, a Pedagoga da escola nos apresentou a turma, entretanto, eu já os conhecia, pois havia tido uma conversa informal com eles sobre a realização da pesquisa.

Após as apresentações, eu e o Prof. Me. Timóteo começamos a montar os telescópios, nesse momento, alguns alunos se levantaram e foram acompanhar a montagem. Pude ver neles um fascínio por aqueles equipamentos, pois aquilo era novidade para todos.

A Profa. Dra. Marcia começou a palestra, os alunos estavam atentos, porém não faziam nenhuma intervenção.

Depois da realização da palestra, a Profa. Dra. Marcia realizou um experimento com os alunos, no qual utilizou um balão de fundo redondo, que foi enchido até a metade de seu volume com líquido azul, para reproduzir o movimento da esfera celeste. Os alunos participaram do experimento, foi quando surgiu o questionamento que impulsionou o debate:

Júpiter: “Nós conseguimos ver todas as estrelas do céu durante a noite?”

Profa. Dra. Marcia: “Não, só podemos ver as estrelas e os planetas que estão do nosso lado do planeta. Vejam aí no experimento que o líquido azul faz uma divisão. Imaginem que fosse a terra. Só podemos ver as estrelas e os planetas que estão na área que não tem líquido, que é a parte que seria o céu. Você entendeu?”

Júpiter: “Ah, sim! Entendi sim.”

Então, a Profa. Dra. Marcia explicou como observar o céu noturno e o caminho que os astros percorrem no céu em relação ao movimento de rotação da terra, por meio do experimento.

Terra: “Professa, eu já percebi que o sol faz um caminho diferente no céu, quando vai passando os meses. Eu já reparei que quando chega o inverno, ele passa mais no canto do céu e no verão ele passa bem no meio”.

Profa. Dra. Marcia: “Exatamente isso que acontece. Mas porque isso ocorre?”

Terra: “Eu acho que é por causa dos movimentos que a Terra faz em volta do sol, só não consigo mais lembrar como chama (risos).”

Profa. Dra. Marcia: “É isso mesmo, a Terra faz o movimento de rotação, ela gira em torno do seu próprio eixo, que faz com que haja o dia e a noite e tem, também, o movimento de translação. Isso muda a exposição da Terra em relação à luz do sol. Daí temos as estações do ano”.

A Profa. Dra. Marcia demonstrou esses movimentos por meio do experimento para os alunos.

(Diário de Campo e transcrição de áudio, 05 de agosto de 2019).

Apesar de haver poucas intervenções dos alunos durante a apresentação, notamos na fisionomia uma demonstração de interesse pelo tema, que houve um processo de lembrança e reconstrução de alguns conceitos apreendidos e associados em exposição na aula por alguns alunos.

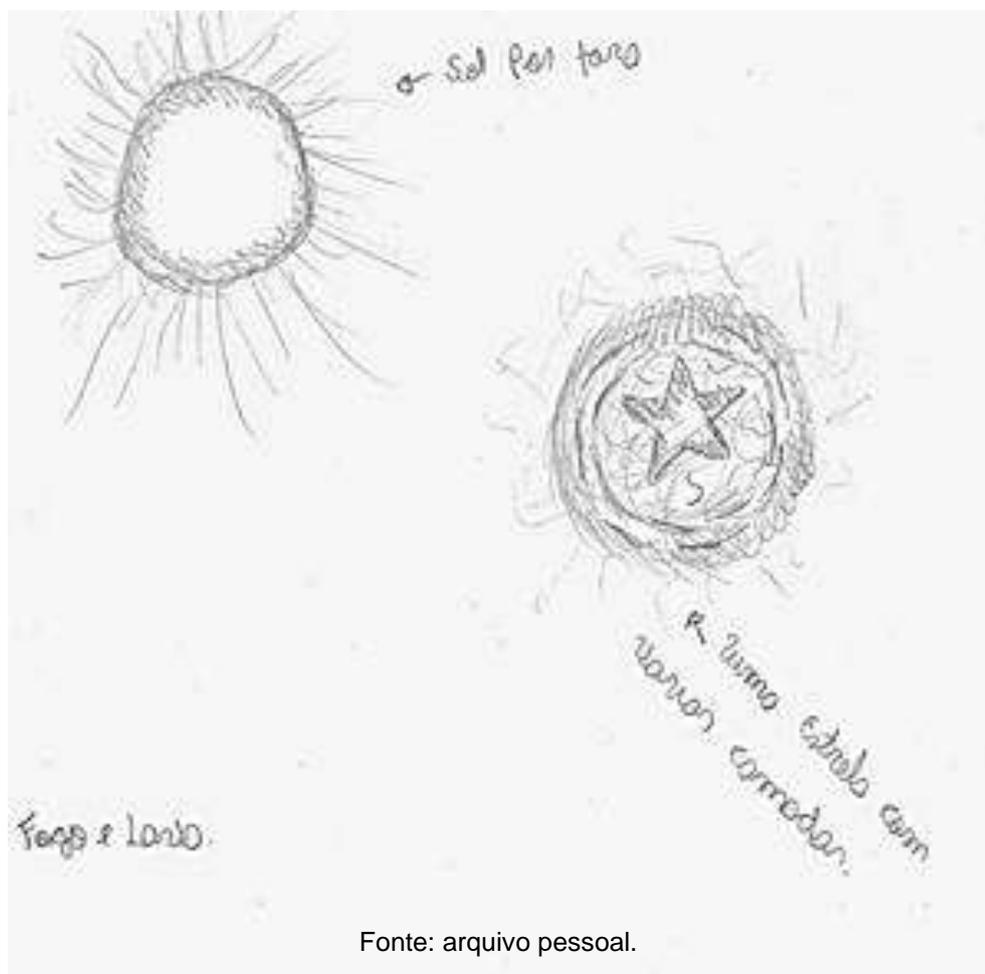
Analisando esse momento, podemos perceber que os alunos tinham poucos conhecimentos prévios sobre observação do céu e localização dos astros. Entretanto, eles sabiam que o sol fazia um trajeto diferente no céu em relação às estações do ano e isso foi importante para o entendimento quanto ao movimento dos astros no céu noturno. Desta forma, percebemos que houve a construção de conceitos científicos sobre o tema. Para Oliveira:

Os seres humanos refletem a realidade não só mediante formas visuais, concretas e sensoriais, mas mediante formas racionais, abstraídas da experiência, baseadas na função da linguagem como reflexo generalizado da realidade (1999, p. 56).

Para Vygotski (2000, p. 243), “o acúmulo de conhecimentos leva invariavelmente ao aumento dos tipos de pensamento científico, que, por sua vez, se manifesta no desenvolvimento do pensamento espontâneo”, ou seja, para a formação do conceito sobre o tema apresentado, conseguimos nesse momento utilizar o conhecimento cotidiano dos alunos e seus conceitos espontâneos para que fosse desencadeado o desenvolvimento do conceito científico, tanto em relação ao trajeto do sol no céu diurno quanto ao movimento dos astros no céu noturno.

No segundo encontro, foi realizado um grupo focal para analisar a evolução de conceitos em relação ao Sol. Num primeiro momento, iniciamos pedindo aos alunos que fizessem uma representação do Sol (sua forma e seu interior) por meio de um desenho e escrevessem sua composição química. A figura 21 expõe a representação do Sol do aluno Júpiter com base nos seus conceitos espontâneos.

Figura 21 - Representação do Sol do aluno Júpiter (1º momento)



Analisando todos as representações (ANEXO 1), podemos notar que os conceitos espontâneos apresentados pelos alunos são similares entre eles, principalmente em relação à composição do Sol, na qual todos escreveram que o Sol é formado de fogo e lava ou magma, sendo que quase todas as representações do seu interior ilustravam camadas ou a existência de algum núcleo.

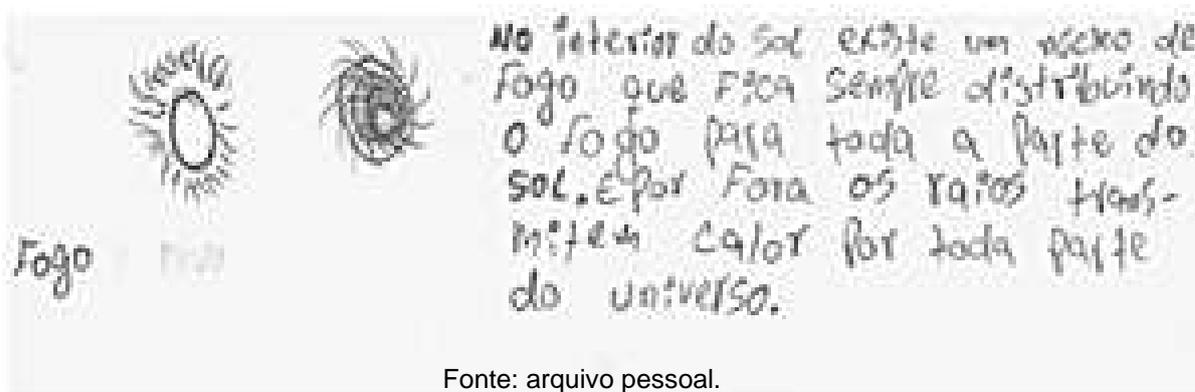
Após a realização das representações com base em seus conceitos espontâneos, foi questionado aos alunos sobre seus desenhos e escrita. O aluno Júpiter respondeu:

Eu acho que o Sol é formado de lava, porque eu já vi na internet um vídeo do Sol e parece muito com lava, igual quando tem uma erupção de um vulcão, que fica tudo borbulhando (ALUNO JÚPITER).

(Diário de Campo e transcrição de áudio, 10 de outubro de 2019).

Outro aluno que destacou um fato interessante foi o Marte, que descreveu que no Sol há um núcleo quente que distribui o calor por toda parte e por fora o Sol transmite o calor para o universo por meio de raios. Esse foi o único aluno que destacou a emissão de raios pelo Sol.

Figura 22 - Representação do Sol do aluno Marte (1º momento)



A partir da descrição do aluno Marte, o pesquisador lançou uma pergunta aos alunos e deu início a um debate, conforme exposto abaixo:

Pesquisador: “Deixa eu fazer uma pergunta ‘pra’ vocês: como que o Sol transmite calor para a Terra? Por que sentimos queimar quando estamos expostos a luz do Sol?”

Aluna Cometa: “Eu acho ‘fessor’ que por causa do Sol ser muito quente e muito grande, o calor dele viaja pelo espaço e chega na gente”.

Pesquisador: “E quanto você acha que é a temperatura do Sol, para que o calor dele chegue até nós?”

Aluna Cometa: “Ah, não sei, mas deve passar de um milhão de graus.”

Aluno Júpiter: “Wenderson! Eu acho que a ‘quentura’ que a gente sente, vem por meio de raios. Os raios ‘ultravioleta’, que provoca câncer, acho que é um tipo que traz”.

Aluna Estrela: “É verdade, a gente ouve tanto falar dos raios ultravioletas, que é ‘pra’ passar protetor e eu nem lembrei disso na hora que ‘tava’ desenhado (risos).”

Nessa hora, vários alunos esboçaram já ter algum conhecimento sobre os raios ultravioletas.

Pesquisador: “Pois é, o Sol emite muitos raios e realmente é muito quente. Daqui a pouco vamos ver aqui na apresentação que ele tem uma temperatura altíssima, mas veremos também que não é o calor transmitido pela sua temperatura, que é a que sentimos aqui não. Quando o “Júpiter” disse sobre os raios, ele está certo e a gente vai aprender como que isso acontece.”

(Diário de Campo e transcrição de áudio, 10 de outubro de 2019).

Durante esse debate, podemos perceber que os alunos também tinham o conceito de que o Sol tinha uma temperatura muito alta e durante as falas e intervenções, demonstraram conhecer sobre a emissão de raios pelo Sol e algumas consequências deles sobre nós. Conforme destaca Vygostsky (2005), na medida em que há significação nas palavras, os conceitos se desenvolvem, porém não podemos nos basear em conclusões dos conceitos espontâneos dos alunos para formar os conceitos científicos. Entendemos que seus conhecimentos prévios devem servir de ponto inicial, ou seja, como um primeiro degrau para a formação dos conceitos científicos.

Assim, num segundo momento, realizamos uma apresentação sobre o Sol, na qual discutimos sobre sua formação, temperatura, composição, gravidade, velocidade da luz, densidade, radiação, fusão e fissão nuclear e outros fenômenos que ocorrem no seu interior e na sua superfície. Durante a apresentação, podemos notar nos alunos muita atenção e certo fascínio pelo conteúdo, porém houve poucas intervenções e perguntas.

No final da apresentação, lançamos a seguinte questão:

Pesquisador: “Nós vimos que o Sol é muito quente. No seu núcleo, a temperatura chega a um milhão de graus Celsius. Mas vocês acham que é por isso que o Sol aquece a Terra? Lembram que eu falei para vocês que a temperatura no vácuo no Universo é muito fria, mais de duzentos e cinquenta graus abaixo de zero.”

Aluno Cometa: “Eu acho que a Terra esquenta por causa dos raios que o Sol lança na gente e a gente absorve eles, porque se fosse por causa dele ser tão quente, o Universo seria quente também e não tão frio quanto você falou”.

Pesquisador: “Mais ou menos assim mesmo que acontece. Como vocês viram na apresentação, por causa das reações de fusão nuclear que ocorrem no núcleo, é liberada muita energia. Essa energia vem para a Terra em forma de ondas eletromagnéticas, raios mesmo. Esses raios, o ultravioleta e o infravermelho são absorvidos aqui em forma de calor. Dai como não tem matéria do vácuo do Universo, ele fica frio por não absorver essa energia. Entenderam?”

Aluna Lua: “Então é por isso que mesmo quando ‘tá’ nublado a gente se queima com o Sol né?”

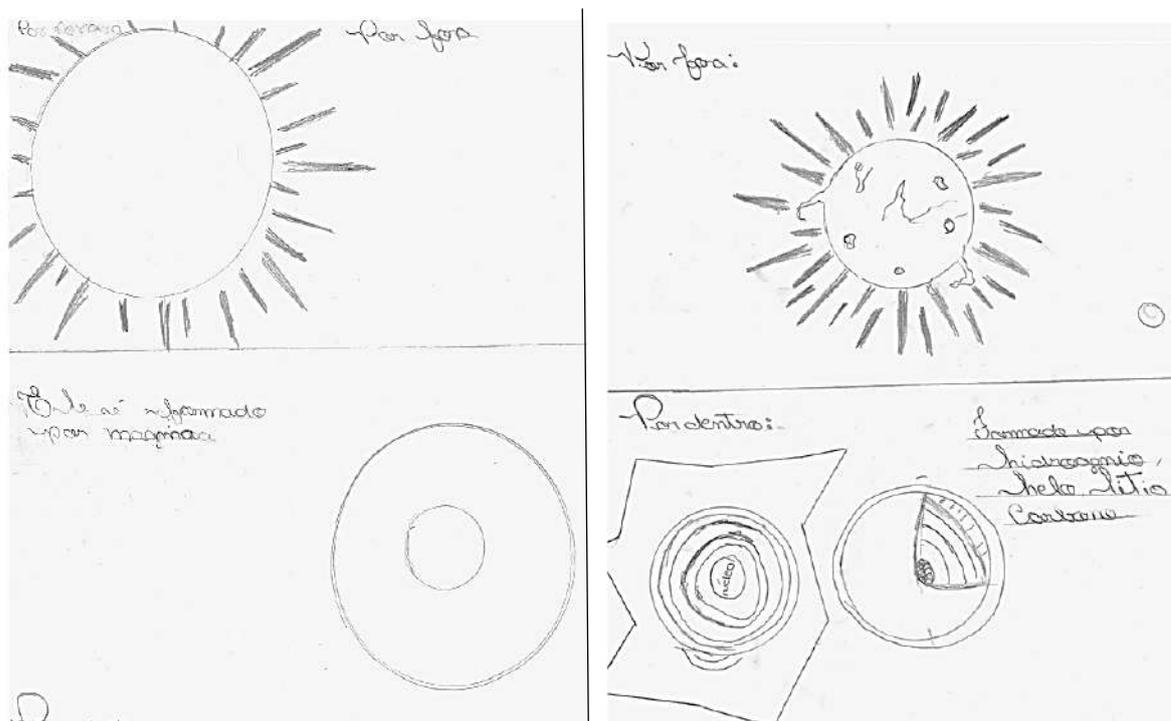
Aluno Urano: “Wenderson, semana passada mesmo eu ‘tavo’ jogando bola de tarde, sem camisa e de noite eu ‘tava’ todo ardendo e tava nublado. Agora que entendi.”

Aluna Lua: “Achei interessante o jeito que a gravidade faz, esse jeito de explicar igual uma cama elástica é “da hora”. A gente só sabia que caía, mas nem sabia porquê (risos)”.

(Diário de Campo e transcrição de áudio, 10 de outubro de 2019).

Após a apresentação e o debate, distribuímos uma folha e pedimos novamente aos alunos que representassem o Sol através de um desenho, seu interior e superfície, bem como sua composição conforme o Anexo 4, no qual fizemos uma comparação da representação do primeiro momento com a do segundo momento e destacamos a representação da aluna Luz:

Figura 23 - Representações do Sol da aluna Luz



Fonte: arquivo pessoal.

Essas representações ilustram a evolução dos conceitos sobre a formação do Sol na maioria dos alunos, entre os quais, essa aluna que tinha conceitos espontâneos que foram transformados em conceitos científicos. Percebemos na representação do Sol, após a intervenção, traz na superfície as “manchas solares”, as “proeminências

solares”. Na representação do interior do Sol vemos a divisão em camadas, o núcleo, a coroa solar, também a descrição da composição química, que primeiramente foi descrita como “magma” e após a intervenção, formada por hidrogênio, hélio, lítio e carbono.

Vygotsky (2000, p. XIV) vê esse “processo de aprendizagem e formação de conceitos como um sistema, que ele considera ponto central em toda a história do desenvolvimento dos conceitos e no qual os conceitos espontâneos e os científicos estão interligados”. Então, observamos nessas representações²⁷ que eles têm uma semelhança entre si, entretanto, naquele que retrata o conceito científico, realizado após a intervenção, houve uma semelhança maior com o conceito que a ciência traz.

No terceiro encontro, realizamos a observação do céu noturno com o telescópio e o auxílio do softwre Stellarium (FIGURA 10). Esse encontro não teve a finalidade do desenvolvimento de atividades para a avaliação da evolução de conceitos, mas somente como um momento para motivar os alunos para as demais atividades que desenvolvemos depois, devido ao fascínio natural que os alunos têm pelo céu e os astros.

Para tanto destacaremos algumas falas dos alunos durante as observações:

Aluna Lua: “Meu Deus, que coisa mais linda do mundo (se referindo a Lua vista pelo telescópio). Chego a ficar arrepiada”.

Aluna Luz: “Olha aqui! Dá pra ver os buraquinhos da Lua”.

Aluno Saturno: “Véi, to vendo os ‘anel’, muito ‘irado’ (referência ao planeta Saturno)”.

Aluno Saturno: “Poxa, ele passa rapidinho no telescópio”.

Aluna Estrela: “Realizei um sonho, nunca vi a Lua pelo telescópio, é muito bonita. Vou pedir meu pai pra comprar um pra mim (risos).”

Aluno Marte: “Nossa, o Júpiter tem uns ‘risquinhos’ igual as fotos que eu vi”.

(Diário de Campo e transcrição de áudio, 14 de outubro de 2019).

Por meio dessa atividade, pudemos ver o fascínio que todos têm pelo céu e como um telescópio é uma ferramenta útil para esses momentos. Podemos perceber em cada

²⁷ No Anexo 1 fizemos a comparação entre a representação do 1º momento com a representação do 2º momento, colocando-os lado a lado.

aluno um certo êxtase ao observar os astros pelo telescópio. Sobre isso Damineli e Steiner (2010, p. 14) escrevem que o céu é um “imenso laboratório que nos oferece uma oportunidade única: testar ideias que jamais poderiam ser submetidas a experiências aqui na Terra. No céu, não há limite para a imaginação”.

Nesses três encontros percebemos que a utilização da Astronomia no ensino da Física traz grandes vantagens devido à curiosidade e o deslumbre que o ser humano tem naturalmente pelo céu. Ao tratar de conceitos físicos com tópicos de Astronomia, nos quais trabalhamos com gravidade, fusão e fissão nuclear, radiação, velocidade da luz, entendemos que tornamos o aprendizado mais agradável e interessante para os alunos, tendo em vista que atraem sua atenção e conseqüentemente a apropriação do conhecimento. Conforme escrevem Cardinot e Name (2017, p. 69), a Astronomia, além de contribuir para o desenvolvimento da Física e várias outras ciências, também, já é interessante por si só, pois ela lida com temas que promovem a curiosidade, a imaginação e a vontade de explorar e descobrir.

5.2 AS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

Para discorrer neste tópico, realizamos três encontros com os participantes da pesquisa, nos quais foram realizadas atividades com uma perspectiva investigativa, que serão pormenorizadas e analisadas a seguir.

Na primeira atividade (APÊNDICE C), trabalhamos com conceitos relacionados à origem dos elementos químicos, com o auxílio de dois vídeos²⁸. Antes da apresentação, lançamos algumas questões para os alunos: como surgiu e de onde vieram os elementos químicos? Nessas perguntas destacamos algumas hipóteses levantadas pelos alunos:

Pesquisador: “Todos nós já vimos na Química, na Tabela Periódica, que existem muitos elementos. Então, vou perguntar para vocês, como que esses elementos surgiram de onde eles vêm?”

Aluno Marte: “Wenderson, eu acho que eles devem ter sido ‘feito’ dentro das estrelas, igual a gente viu aquele dia sobre o Sol, que faz a fusão nuclear e vai um átomo batendo no outro e formando outro”.

²⁸ Vídeos: Físico Explica a Origem dos Elementos Químicos (O'DOWD, 2016) e Porque somos poeira das estrelas? (DUTRA, 2018).

Pesquisador: “Pois é, mas a gente consegue lembrar que nosso Sol é capaz de produzir até o carbono. E de onde vêm os outros elementos então?”

Aluna Luz: “Será que é por causa do tamanho das estrelas. Me lembro que o Sol é pequeno e têm estrelas bem gigantes. Talvez deve ser nelas que forma os outros elementos.”

Aluna Galáxia: “É mesmo, eu acho que quanto maior a estrela, mais deve produzir mais elementos.”

Pesquisador: “Sim, tem a ver também com o tamanho das estrelas e outras coisas que acontecem com elas para formar os elementos mais pesados. Eu vou passar dois vídeos para vocês agora e quero que vocês prestem bastante atenção, que depois vamos fazer uma atividade sobre isso que discutimos agora.”

Após a apresentação dos vídeos, a aluna Luz falou:

Aluna Luz: “Num falei que tinha a ver com o tamanhos das estrelas, eu só não sabia que quando ela explodia formava tanta coisa.”

Pesquisador: “Viu, por mais que seja um assunto que nunca tínhamos estudado, nós sempre temos algum conhecimento sobre isso, mesmo que não esteja cem por cento certo, mas sempre sabemos alguma coisa. Agora quero que vocês façam três grupos e façam as atividades, mas quero que seja em grupo mesmo ‘eim!’”

(Diário de Campo e transcrição de áudio, 21 de outubro de 2019).

Durante a realização da atividade e analisando as falas dos alunos, percebemos muito interesse em adquirir conhecimento sobre o tema apresentado. Os estudantes demonstraram empenho e curiosidade para dar solução aos problemas propostos nessa atividade, por meio da interação entre os participantes do grupo, para desenvolver os textos com o conhecimento adquirido, conforme mostrado a seguir:

Atividade 01: Com base na leitura do texto acima e em seus conhecimentos, descreva a figura abaixo (APÊNDICE C):

Grupo 01: No início o universo era muito quente e formado basicamente de hidrogênio, então esses elementos começaram a se colidir, formando uma reação chamada fusão nuclear. Nessa reação um átomo de H com apenas um próton se colidia com outro e formava um H com um próton e um nêutron, chamado deutério e um ${}^1\text{H}$, onde era liberada muita energia em forma de raios gama e também liberava neutrinos, que são partículas muito menores que os prótons e os nêutrons, eles não tem carga elétrica. Depois o deutério colidi com um ${}^1\text{H}$ e forma um ${}^3\text{He}$ e de novo é liberada muita energia. Aí o ${}^3\text{He}$ se colidi com outro ${}^3\text{He}$ e forma um ${}^4\text{He}$ e dois ${}^1\text{H}$, onde é liberada mais muita energia.

Grupo 02: O ${}^1\text{H}$ se colidi com outros ${}^1\text{H}$ e forma um deutério, nessa reação é liberada muita energia em forma de raio gama e um neutrino. E ia acontecendo uma reação em cadeia. Daí um deutério se colidia com um ${}^1\text{H}$

e formava um ^3He , que se colidia com outro ^3He e forma um ^3He e um ^1H . Nessa reação em cadeia tinha muita energia liberada.

Grupo 03: Quando os hidrogênios se colidem, tem uma liberação de energia em forma de raio gama e também libera um neutrino, que não tem carga elétrica e é muito pequeno em relação ao próton e o nêutron, aí forma o deutério que é o átomo de hidrogênio com um próton e um nêutron. Daí começa esses átomos a colidir um com o outros e forma He e mais H, sempre liberando muita energia em forma de raio gama.

Atividade 02:

a) Em referência ao texto acima, explique o que o astrônomo Carl Sagan quis dizer com sua frase “Somos feitos de poeira de estrelas” (APÊNDICE C).

Grupo 01: O Astrônomo Carl Sagan quis dizer que somos poeira das estrelas, porque quando uma estrela se forma no seu núcleo vai se formando os elementos químicos, começando pelo hidrogênio e vai formando os elementos mais pesados, até que a estrela não consegue mais vencer a gravidade e explode, fazendo uma supernova, liberando muita energia, que faz com que a temperatura fique muito alta e forma os elementos mais pesados até o urânio.

Grupo 02: Nós fomos chamados de poeira das estrelas, porque os elementos químicos que formam nosso corpo foram formados pelas estrelas e também quando elas morrem, fazendo a supernova, que formam os elementos pesados que estão no nosso corpo, fazendo com que a fusão nuclear seja muito mais forte, unindo o núcleo de elementos cada vez mais pesados.

Grupo 03: Quando uma estrela se forma, ela vai fazendo a fusão nuclear e formando os elementos, quanto maior a estrela, mais pesados são os elementos que são formados dentro dela. Daí, quando uma estrela morre e faz uma supernova é liberada muita energia e a temperatura fica muito alta, formando os elementos mais pesados ainda que formam a gente, porque a energia e a temperatura são muito altas e são capaz de fazer a fusão nuclear de elementos muito mais pesados.

b) O nosso sol não é capaz de produzir elementos mais pesados que o Carbono. Então como você explica a presença de elementos mais pesados no nosso planeta, como por exemplo, o ouro, o chumbo e o urânio?

Grupo 01: Os elementos mais pesados que o Carbono foram formados nas estrelas de grande massa, muitas vezes maior que o nosso Sol. Dentro delas são formados os elementos até o Ferro. Quando essas estrelas gigantes morrem, elas provocam uma grande explosão que libera uma energia muito grande que forma os elementos mais pesados que o Ferro. Então é de onde vem os elementos químicos que estão no nosso planeta.

Grupo 02: Dentro de uma estrela gigante, bem maior que o Sol, vai produzindo os elementos químicos através da fusão nuclear. As estrelas gigantes conseguem fazer até Ferro. Daí quando acabar todas as reações a estrela não consegue mais vencer a força da gravidade e explode. Na explosão, chamada supernova, tem uma grande quantidade de energia que vai formando os outros elementos mais pesados, os mesmos que são encontrados aqui no nosso planeta.

Grupo 03: O nosso planeta foi formado por pequenos pedaços de pedras que foi se unindo por causa da gravidade. Essas pedras eram feitas de todo o tipo

de elemento. Mas esses elementos pesados foram formados dentro de estrelas que são muito grandes e dentro delas forma até o elemento Ferro. Quando elas estão morrendo, acontece uma explosão muito grande, chamada de supernova. Na supernova tem muita energia que faz com que se formam os outros elementos químicos que tem aqui na Terra.

(Textos redigidos pelos alunos nas atividades sobre o tema “a origem dos elementos químicos”).

Podemos ver nos textos dos alunos, que eles demonstraram a aprendizagem de conceitos de fusão nuclear e a nucleossíntese dos elementos químicos, ao apresentar como acontece a reação em cadeia, a liberação de energia, bem como, conseguiram relacionar a frase “Somos feitos de poeira de estrelas” com os conceitos da formação dos elementos químicos durante uma supernova²⁹.

Durante a realização dessa atividade (APÊNDICE C), tivemos cuidado para que os alunos não obtivessem suas respostas de forma mecânica, ou seja, colocassem nos seus textos seus próprios conhecimentos adquiridos e conclusões. Para isso, incentivamos os questionamentos e a interação entre eles e com o pesquisador.

Entendemos a utilização de problematizações como elementos importantes para a formação de conceitos, com a finalidade de desafiar os estudantes a entenderem os conhecimentos científicos. Sobre isso, no seu estudo sobre a formação de conceitos, Vygotsky afirma que segundo Ach:

[...] a formação de conceitos não segue o modelo de uma cadeia associativa, em que um elo suscita e acarreta outro, mas um processo orientado para um fim, uma série de operações que servem como meio para a solução do problema central. A memorização de palavras e a sua associação com os objetos não leva, por si só, à formação de conceitos; para que o processo se inicie, deve surgir um problema que só possa ser resolvido pela formação de novos conceitos (2000, p. 157).

Na segunda atividade, iniciamos com um experimento para simular a reação em cadeia, utilizando ratoeiras e bolas de ping-pong. Na apresentação da atividade os alunos já demonstraram uma certa euforia em razão do experimento. Durante a montagem do experimento tivemos um momento de descontração devido à dificuldade e o desafio de armar as ratoeiras. Entendemos que isso serviu como motivação e mais interação entre os participantes da pesquisa.

Figura 24 - Montagem do experimento que demonstra a reação em cadeia



Fonte: arquivo pessoal.

Para Vygotsky (2005), a busca pela solução de um problema, um desafio, é um fator de suma importância na formação de conceitos, contudo não considerando isso como suficiente, muitas tarefas que o indivíduo encontra no seu meio cultural têm aspectos importantes para o processo de formação de conceitos, ou seja:

Se o meio ambiente não coloca os adolescentes perante tais tarefas, se não lhes fizer novas exigências e não estimular o seu intelecto, obrigando-os a defrontarem-se com uma sequência de novos objetivos, o seu pensamento não conseguirá atingir os estágios de desenvolvimento mais elevados, ou atingi-lo-á apenas com grande atraso (VYGOTSKY, 2005, p. 73).

Durante a realização do experimento, lançamos uma questão aos alunos: o que aconteceria se a bola fosse lançada a uma altura maior ou com a aplicação de uma força? As respostas obtidas estão expostas a seguir:

Aluna Lua: “Professor, eu acho que quanto mais alto soltamos a bola, ela cai com mais força e mais violenta vai ser a reação em cadeia. Do mesmo jeito acontece se a gente lançar a bola colocando força, quanto mais forte, mais forte também vai acontecer a reação em cadeia.”

Nesse momento, a maioria dos alunos gesticularam concordando com a opinião da aluna Lua. Então o aluno Marte disse o seguinte:

Aluno Marte: “Então a forma como é lançado os nêutrons é que diz como que vai ser a reação, mais fraca ou mais forte. Eu acho que os nêutrons de uma bomba nuclear é jogado com muita força e os nêutrons de uma usina nuclear é com menos força.”

Pesquisador: “Exatamente isso que ocorre, quanto mais rápido for a velocidade do nêutron, mais violenta vai ser a reação. Só lembrando a vocês que todos esses conceitos desse tipo de fenômeno podem ser calculados.”

Quando foi falado para os alunos sobre cálculos, houve um certo murmúrio, uma certa desaprovação. Notamos que os alunos estão de certa forma “traumatizados” com uma Física aplicada apenas com a resolução de problemas.

Logo em seguida, a aluna Galáxia disse:

Aluna Galáxia: “Wenderson, bem que você poderia dar aula de Física para gente. Quando você explica com esses exemplos, parece que fica mais fácil de entender. Eu consigo ver como as coisas acontecem, dá até para gostar de Física assim e até fazer fórmulas (risos na turma).”

(Diário de Campo, 25 de outubro de 2019).

Analisando o comentário da aluna Galáxia, observamos que a utilização de exemplos e atividades que sejam relacionadas ao cotidiano do aluno, contextualizados, pode tornar o processo de ensino-aprendizagem mais atraente. Assim os conhecimentos apreendidos podem ser melhor internalizados. O professor deve lançar mão de atividades que provoquem o interesse e a participação do estudante, por ser parte daquilo que ele vive e conhece. Sobre isso o DCNEM traz o seguinte:

(...) o tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem de retirar o aluno da condição de expectador passivo. Se bem trabalhado permite que, ao longo da transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade (BRASIL, 1998b, p. 42).

Após o experimento, realizamos uma atividade sobre produção de energia nuclear (APÊNDICE D) para que os alunos debatessem, refletissem e elaborassem pequenos textos colocando seus conceitos sobre o tema proposto, como mostrado a seguir. Mais uma vez tivemos o cuidado para que os alunos colocassem nos textos o seu conhecimento construído e todos do grupo participassem de sua elaboração:

Atividade 1 - Desenvolva uma representação³⁰ esquematizando a geração de energia numa usina nuclear, descrevendo sucintamente cada processo, os fenômenos envolvidos e explique o que aconteceria se o reator nuclear se rompesse ou explodisse.

Grupo 1: Se acontecer uma explosão na usina nuclear, pode gerar um acidente muito grave que é a liberação do material radioativo, o urânio na

³⁰ As representações estão expostas no Anexo 1.

natureza, podendo contaminar o ar, o solo e a água. Isso pode causar várias doenças graves nas pessoas e nos animais.

Grupo 2: Um reator nuclear quando explode na usina nuclear sai um monte de urânio, que é muito radioativo e faz muito mal para o ser humano, causa câncer e outras doenças. E pode também contaminar a terra, a atmosfera e nossa água.

Grupo 3: O grande problema de acontecer uma explosão no reator de uma usina nuclear é que libera o material radioativo que fica dentro do reator. Esse material é muito perigoso porque provoca a contaminação do meio ambiente e causa muitas doenças, como por exemplo, o câncer.

Atividade 2 - Elabore um texto explicando como é produzida a energia no Sol e como sentimos esse calor na nossa pele.

Grupo 1: A energia do Sol é produzida pela fusão nuclear, os átomos de hidrogênio vão se colidindo e formando o hélio na reação em cadeia. Quando acontece a fusão nuclear tem muita energia que forma e essa energia vem para Terra em forma de raios e luz. Esses raios quando batem na nossa pele sentimos alguns deles em forma de calor, como por exemplo os raios infravermelhos.

Grupo 2: O Sol produz energia no núcleo através da fusão nuclear dos átomos de hidrogênio que vai formando o hélio. A energia que o Sol faz, sai do núcleo e vai para a superfície e vem para nosso planeta em forma de raios, que quando a gente absorve a energia dele em forma de calor.

Grupo 3: No núcleo do Sol acontece um fenômeno chamado fusão nuclear, que quando acontece libera muita energia. A fusão nuclear acontece quando um átomo se colidiu em outros e forma uma maior, também, chamado de reação em cadeia. A energia que é feita no Sol vem para a Terra com raios ultravioletas, raios infravermelhos e outros tipos de raios, que quando bate na nossa pele se transforma em calor.

Atividade 3 - O consumo de energia elétrica aumenta a cada dia, devido ao crescimento da população e das indústrias. Diante desse fato, com base nos conhecimentos adquiridos em relação à energia nuclear e o Sol, componha um texto dando alternativas para a produção de energia no nosso planeta.

Grupo 1: A energia elétrica que a gente consome é praticamente toda gerada nas hidroelétricas, mas a gente está vendo que a população está aumentando muito e está consumindo cada vez mais e ainda tem o problema dos rios que estão com menos água e as chuvas também não estão vindo direto. Para resolver esse problema podemos usar a energia nuclear, que se a gente olhar de certa forma é uma energia limpa e usa pouco material para gerar, só tem que ter cuidado com o material radiativo que sobra para não poluir. Outra forma também é utilizar a energia do sol, que tem muito no nosso país.

Grupo 2: Como está consumindo muita energia elétrica porque a população está aumentando e a energia que é gerada na hidroelétrica não está dando conta, podia construir mais usinas nucleares para fazer mais energia. Nas usinas nucleares usa material radiativo que tem que ter muito cuidado para não sair para o meio ambiente, mas fora isso é uma forma muito boa de produzir energia. Tem também a energia solar que temos muito no nosso país por causa da nossa localização.

Grupo 3: A energia nuclear é uma boa alternativa para produzir energia elétrica porque as usinas hidrelétricas não estão dando mais conta. As 'usinas nuclear' não consome muito material e tem uma energia limpa, só tem o problema do material radioativo que não pode ter contato com o meio ambiente porém isso é muito bom. Pode também utilizar a energia do sol, porque sabemos que ele emite muitos raios que pode transformar em energia, como a energia elétrica.

(Textos redigidos pelos alunos nas atividades sobre o tema "energia nuclear").

Nesta atividade, por meio dos textos elaborados e da participação dos alunos, percebemos a evolução dos conceitos em relação aos seus conceitos espontâneos demonstrados desde o início da pesquisa. Vemos nas representações das usinas nucleares por meio de desenhos (ANEXO 2), que foram apreendidos conceitos de como a fissão nuclear produz energia. Ou seja, todos os desenhos representaram as fases do funcionamento de uma usina nuclear: a energia da reação em cadeia é liberada em forma de calor que aquece a água, que impulsiona uma turbina ligada a um gerador que produz energia elétrica.

Outro ponto a destacar, novamente, é que lançamos mão de experimentos e atividades que são contextualizadas com o cotidiano dos alunos, com temas que fazem parte de sua realidade. E, também, podemos interferir na ZDP dos alunos, tomando como ponto de partida seus conceitos espontâneos (zona de desenvolvimento real), ou seja, buscamos interferir naqueles conceitos que ainda estão em formação, amadurecendo, chamados por Vygotsky (2007, p. 98) de "brotos" ou "flores"³¹, para que eles pudessem ser capazes de construir conceitos científicos (zona de desenvolvimento potencial).

Na terceira atividade, foi o momento de construção de dois espectroscópios (FIGURAS 17 e 18). Quando falamos com os alunos que iríamos fazer outro experimento, um clima de festa já tomou conta da sala. Durante a montagem dos espectroscópios, todos os alunos participaram, mediados pelo pesquisador. Foi um momento de muita interação e descontração.

Após a montagem do experimento, falamos aos alunos sobre seu funcionamento, fizemos alguns testes e os alunos foram pela área da escola capturar espectros de

³¹ Vygotsky (2007) chama os novos conceitos formados de "brotos" ou "flores" e não de "frutos", porque ainda não estão acabados, ainda precisam amadurecer e desenvolver.

diferentes fontes de luz para a realização da atividade (APÊNDICE E). A empolgação dos alunos durante a realização do experimento, vendo o fenômeno acontecer, era visível.

Dessa atividade obtivemos os seguintes textos:

a) No nosso ambiente observamos várias fontes de luz, como por exemplo lâmpadas que emitem luz branca, todavia essa luz, mesmo sendo branca, não é igual entre elas e, também, não é como a luz do Sol. Por quê?

Grupo 01: A luz branca quando passa por uma rede de difração ela se divide em várias cores, ou seja, em vários comprimentos de onda, que forma o espectro da luz visível. Então as diferentes fontes de luz branca emitem espectros com comprimento de ondas diferentes, mas para nossa visão só consegue ver a luz branca. Só dá pra ver as cores do espectro quando passa pelo espectroscópio.

Grupo 02: Quando a gente vê uma luz branca, ela não é igual a outra que sai de outro lugar, porque quando ela passa por algum objeto que provoca o fenômeno de difração, a luz branca que vemos se decompõe em várias cores, que vão do vermelho ao violeta. Cada luz branca diferente faz um espectro diferente, por causa do comprimento de onda diferente que elas emitem.

Grupo 03: Os vários tipos de luz branca que vemos não são iguais, pois eles emitem um espectro diferente. Porque quando a luz passa pelo espectroscópio a luz branca se divide em várias cores, que são seus diferentes comprimento de onda, então cada fonte diferente de luz branca emite um espectro com comprimento de ondas diferentes, que faz com que uma cor seja mais visível que outra.

b) Explique o que podemos conhecer de um objeto celeste por meio do seu espectro.

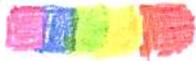
Grupo 01: Podemos conhecer várias informações como por exemplo sua pressão, de que ele é formado, como é sua estrutura, sua densidade, o que acontece dentro dele e sua temperatura.

Grupo 02: Um objeto no céu emite luz, que quando é captada pelo espectroscópio ele divide essa luz e podemos saber qual elementos químicos que ele é formado, a sua temperatura, seu tamanho, sua pressão e os fenômenos que acontecem nesse objeto.

Grupo 03: Os corpos que estão no universo, principalmente, as estrelas emitem muita luz, e através da luz delas podemos saber de qual é sua composição química, sua temperatura, sua pressão e todas as demais coisas que acontecem dentro delas.

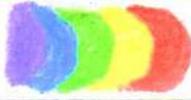
(Textos redigidos pelos alunos nas atividades sobre o tema “espectroscopia”).

Figura 25 - Experimento com o espectroscópio (Grupo 1)

Fonte de luz	Espectro observado	Cores que se destacam
Sol		vermelho, pouco amarelo, muito verde, azul claro e azul escuro.
Luz de vela		Lilas, azul, verde, amarelo e vermelho.
Monitor de computador		vermelho, laranja, azul claro e azul escuro.
Lâmpada halógena		vermelho, laranja, muito verde, azul e lilas.

Fonte: arquivo pessoal.

Figura 26 - Experimento com o espectroscópio (Grupo 2)

Fonte de luz	Espectro observado	Cores que se destacam
Sol		vermelho, amarelo, verde, azul claro e escuro.
Monitor		faixas vermelhas, laranja, verde, azul claro e escuro.
Luz de vela		lilas, azul claro, verde, amarelo e laranja.
Lâmpada de led		vermelho, pouco laranja, muito verde, pouco azul claro e azul escuro.

Fonte: arquivo pessoal.

Figura 27 - Experimento com o espectroscópio (Grupo 3)

Fonte de luz	Espectro observado	Cores que se destacam
Sol		Muito vermelho, pouco laranja e amarelo, muito verde e azul.
Lâmpada de Led		vermelho, pouco laranja, muito verde, pouco azul claro e escuro.
Lâmpada halógena		vermelho, laranja, verde, azul claro e lilas.
Luz de Vela		Lilas claro, azul claro, verde, amarelo e vermelho.

Fonte: arquivo pessoal.

No decorrer dessa atividade, percebemos a entusiasmo dos alunos para utilizar o espectroscópio e realizar a tarefa. Na apresentação do experimento e seu funcionamento, os alunos declararam que já haviam visualizado na superfície de um CD ou DVD, que tinha um reflexo parecido com o arco-íris, porém ninguém sabia explicar o porquê. Assim, com essa atividade pudemos proporcionar, utilizando como degrau inicial esse conhecimento prévio dos alunos, no sentido da construção dos conceitos científicos sobre o espectro da luz visível, que, para eles, como podemos ver foi uma experiência valorosa.

Aluno Urano: “Professor eu já tinha percebido que o CD reflete tipo um arco-íris, quando a gente vai virando ele de lado”.

Nesse momento, vários alunos gesticularam concordando com a fala do aluno Urano.

Pesquisador: “Então, esse reflexo que você vê é exatamente o espectro da luz que estamos estudando hoje. E vamos ver durante nosso experimento que cada fonte de luz que vemos, mesmo que pareça da mesma cor, vai ter um espectro diferente.

Aluna Terra: “Ah! É por isso então que quando chove e dá sol ao mesmo tempo, que dá o arco-íris. As cores do arco iris é o espectro do Sol, ‘né’? A luz do Sol bate na água e vira o arco-íris, ‘né’?”

Pesquisador: “Exatamente, a gente viu que no nosso espectroscópio tem o pedaço de CD, que chamamos de rede de difração. É isso que vai decompor as ondas da luz em um espectro. Então, as gotas de chuva servem como uma rede de difração decompondo a luz do Sol e formando o arco-íris”.

Percebemos no semblante dos alunos um certo fascínio pelo assunto, todos estavam atentos e curiosos com aquilo que estávamos debatendo.

(Diário de Campo e transcrição de áudio, 05 de novembro de 2019).

Podemos notar, também, a importância do trabalho em grupo, que promove uma maior interação entre os alunos e, conseqüentemente, o compartilhamento dos conceitos construídos. Assim, buscamos sempre realizar intervenções durante a realização das atividades, com a finalidade de fazer com que os alunos pudessem conceber seus objetivos e internalizar os conhecimentos apreendidos, contribuindo para a construção de conceitos científicos.

De acordo com Vygostsky (2000), a formação de conceitos é o resultado de uma operação complexa com o signo (palavra), na qual participam todas as funções intelectuais básicas dos alunos. Assim, um conceito não tem início numa simples relação entre palavra e objeto, ou seja, uma memorização do signo e sua relação com

o objeto de aprendizagem não são suficientes para a formação de conceitos, deve haver uma intensa participação do estudante no seu processo de aprendizagem e na busca da solução dos problemas propostos. Vygostsky afirma:

O processo de formação conceitual é irredutível às associações, ao pensamento, à representação, ao juízo, às tendências determinantes, embora todas essas funções sejam participantes obrigatórias da síntese complexa que, em realidade, é o processo de formação dos conceitos. Como mostra a investigação, a questão central desse processo é o emprego funcional do signo e da palavra como meio através do qual o adolescente subordina ao seu poder as suas próprias operações psicológicas, através do qual ele domina o fluxo dos próprios processos psicológicos e lhes orienta a atividade no sentido de resolver os problemas que tem pela frente (VYGOTSKY, 2000, p. 169).

Desta forma, vemos a importância das atividades com uma perspectiva investigativa e do trabalho em grupo no processo de formação conceitual, uma vez que, por meio deles, podemos proporcionar aos alunos a busca pelo conhecimento, através da investigação, do desafio, da interação entre os participantes, tendo como primeiro degrau o conhecimento que eles já trazem consigo (conceitos espontâneos).

Nesse processo, destacamos também a importância da figura do professor, que atua como mediador durante a aprendizagem dos alunos. Assim, concluímos que o professor não pode ser apenas o detentor e transmissor do conhecimento, mas deve andar lado a lado com o aluno durante a construção dos conceitos científicos. Oliveira (2002, p. 26) escreve e, assim fazemos uma analogia em relação à função do professor como mediador na apreensão do conhecimento do educando: a mediação “é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação; a relação deixa, então, de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento”.

Outro ponto importante, o qual faz parte de nossos objetivos nesta investigação, é a utilização de tópicos da Astronomia e da Astrofísica como forma de despertar a curiosidade e motivar os alunos para aprender a Física. Assim, buscamos criar durante nossos encontros, um ambiente descontraído e dinâmico, que desse oportunidade a todos os alunos para participação nas atividades, contextualizadas com sua realidade, demonstrando os fenômenos físicos dentro de um contexto real, que fosse atraente e motivador para os estudantes, oportunizando que eles fizessem uma ponte entre a teoria e a prática, dando sentido ao que se aprende, como previsto nos PCN (BRASIL, 2000). Sobre isso Ricardo afirma:

A contextualização visa a dar significado ao que se pretende ensinar para o aluno. Ou seja, se o ponto de partida é a realidade vivida do aluno, também será o ponto de chegada, mas com um novo olhar e com uma nova compreensão, que transcende o cotidiano, ou espaço físico proximal do educando. A contextualização auxilia na problematização dos saberes a ensinar, fazendo com que o aluno sinta a necessidade de adquirir um conhecimento que ainda não tem (RICARDO, 2003, p. 10-11).

Por fim, durante nossa análise, com base na perspectiva histórico-cultural de Vygotsky, percebemos que a utilização de atividades investigativas com temáticas contextualizadas no cotidiano dos alunos e trabalhos realizados em grupos, sob a mediação do pesquisador, são capazes de proporcionar a formação de conceitos científicos sobre os temas propostos, pois despertam a curiosidade, a atenção e promovem a participação ativa dos estudantes na realização dos experimentos, na resolução dos problemas e na busca do conhecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nascimento do pensamento é igual ao nascimento de uma criança: tudo começa com um ato de amor. Uma semente há de ser depositada no ventre vazio. E a semente do pensamento é o sonho. Por isso os educadores, antes de serem especialistas em ferramentas do saber, deveriam ser especialistas em amor: intérpretes de sonhos (ALVES, 2000, p. 93).

Iniciamos esse tópico refletindo sobre as palavras de Rubens Alves, pois nós como educadores, precisamos estar além do ato de simplesmente ensinar sem envolver-se com a realidade do aprendiz. Nós devemos conhecer o íntimo de nossos alunos, seus sonhos, suas histórias, para podermos proporcionar a eles algo mais que o conhecimento tradicional e torná-los capazes de refletir sobre seus objetivos e terem condições de alcançá-los.

Assim, procuramos propor nesta pesquisa algumas alternativas para revigorar o ensino da Física, um componente curricular que atualmente não é atraente para a maioria dos alunos, conforme afirma Castro (2014). Todavia é grande sua importância na vida dos estudantes como componente curricular, para fazê-los refletir sobre os grandes avanços tecnológicos das últimas décadas, que são frutos do desenvolvimento científico dessa área do conhecimento.

Para tanto, faremos algumas reflexões acerca daquilo que percebemos durante nossa investigação. No início parecia um sonho tão distante, chegar até esse momento. A experiência que tivemos foi muito valerosa. Ensinamos, compartilhamos, aprendemos e sonhamos com nossos alunos, tendo a satisfação de ouvirmos: “assim é bom aprender Física” (aluna Lua). Isso serviu como uma recompensa gratificante para todo nosso esforço e trabalho.

Em nossa pesquisa, baseada na teoria histórico-cultural de Vygotsky, conseguimos compreender como ocorre o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes, no qual eles se constituem sujeitos numa relação mediada, em que a linguagem, as interações e suas experiências sociais são elementos fundamentais para a construção do conhecimento.

Considerando o objetivo principal desta pesquisa, que é analisar a apropriação de conceitos de FMC, utilizando como caminhos motivadores tópicos da Astronomia e da Astrofísica, conseguimos visualizar êxitos quanto à demonstração do interesse dos

alunos nos temas propostos, nos quais foram abordados conceitos de energia nuclear, fusão e fissão nuclear e espectro da luz visível.

Percebemos que a utilização de temas relacionados a essas áreas do conhecimento, que despertam um fascínio natural nos alunos pela curiosidade de conhecer aquilo que está além do nosso planeta, demonstram ser ótimas alternativas para desenvolver os conteúdos de Física, tanto relacionados à Física Clássica quanto à FMC. Assim, tivemos a oportunidade de abordar vários conceitos físicos de forma que os alunos nem perceberam que estavam estudando aquela Física que eles tanto temiam.

Nesse contexto, vemos também que a utilização de atividades com uma perspectiva investigativa de uma forma contextualizada é uma importante ferramenta de aprendizado, indo ao encontro do que é trazido pelos PCN (BRASIL, 2000), pois proporcionou que alunos participassem de uma forma mais ativa no processo de aprendizagem, tendo na figura do professor (pesquisador), um mediador do conhecimento, não como o único detentor do conhecimento. Essas atividades trazem consigo desafios e despertam a curiosidade, proporcionando aos alunos refletirem, debaterem, levantar hipóteses, tornando o processo de ensino mais produtivo e prazeroso, sem a mecanicidade de atividades descontextualizadas sem relação com o cotidiano nos alunos.

O professor tem grande importância no sistema de ensino-aprendizagem, pois é o responsável pela organização de todo o processo, a fim de proporcionar aos alunos experiências capazes de desenvolvê-los, numa relação dialética entre seus conceitos espontâneos e os novos conhecimentos propostos no ambiente escolar. Para Vygotsky (2007) todo aprendizado é mediado e nesse contexto o professor tem um papel ativo no processo de ensino, pois é na interação aluno-professor, aluno-aluno e desses indivíduos com o meio que se constrói o conhecimento.

Outro ponto que destacamos, com base nos estudos de Vygotsky (2005), é a importância dos trabalhos em grupos para o desenvolvimento dos alunos, principalmente, na formação de conceitos científicos, tendo em vista que, dentro dos grupos ocorre uma maior interação e trocas de experiências, nas quais o conhecimento de um vai complementando o do outro reciprocamente.

Durante a realização das atividades, todas em grupos, foi notória a evolução dos conceitos dos alunos em relação aos conteúdos de fusão e fissão nuclear e o espectro da luz visível. Tendo como ponto de partida, ou primeiro degrau, seus conceitos espontâneos, observamos nas representações, textos e falas iniciais dos alunos, que houve uma aproximação dos conceitos científicos sobre os temas trabalhados e que não foram completamente formados, ainda estão em desenvolvimento, conforme afirma Vygotsky (2007).

Refletindo sobre nossa investigação, tendo como base a importância das relações sociais, a interação e a troca de experiência entre todos os envolvidos na pesquisa, acreditamos que é necessário mudar a forma de apresentar a Física aos estudantes, deixando de ser um componente curricular apenas de aplicação de fórmulas e resolução de problemas sem nenhuma relação com o cotidiano do aluno. A Física deve ser trazida de um modo atrativo, com temas que despertem sua curiosidade, como nos mostram os PCN (BRASIL, 2000). Desta forma, podemos ver que os assuntos abordados durante nossas atividades, utilizando assuntos relacionados à Astronomia e à Astrofísica deram oportunidade de mostrar a Física de uma forma diferente aos alunos. Percebemos que eles demonstraram interesse em aprender e a vê-lo como um componente curricular capaz de fazê-los entender os fenômenos e os avanços tecnológicos presentes no mundo a sua volta e não ser visto como temido e difícil de entender.

Acreditamos ser fundamental que a legislação referente ao ensino da Física (BRASIL, 2006), que valoriza tanto essa grande área do conhecimento, dando a ela sua verdadeira importância na vida do homem, possa “*sair do papel*” e realmente ser colocada em prática nas escolas. Conforme texto trazido no site Portal do MEC (BRASIL, 2008), vemos que a falta de profissionais e a quantidade limitada de carga horária desse componente curricular na Educação Básica são obstáculos para seu desenvolvimento necessário. Assim, nesta pesquisa procuramos oferecer aos profissionais de educação, principalmente aos professores de Física, algumas alternativas para mudar essa realidade e esperamos ansiosos, como pesquisadores e admiradores dessa ciência, que ela ainda ocupe seu lugar de destaque nos currículos escolares da Educação Básica.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. **Entre a ciência e a sapiência: o dilema da educação**. 17 ed. São Paulo: Edições Loyola, 2007.

_____. **A alegria de ensinar**. Campinas, São Paulo: Papyrus, 2000.

ANDRÉ, M. **O que é um estudo de caso qualitativo em educação?** Revista da FAEBA – Educação e Contemporaneidade, Salvador, v. 22, n. 40, p. 95-103, jul./dez. 2013. Disponível em <<http://www.revistas.uneb.br>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2012. p. 19-33.

AZEVEDO, M. N.; ABIB, M. L. V. S.; TESTONI, L. A. **Atividades investigativas de ensino: mediação entre ensino, aprendizagem e formação docente em Ciências**. Ciência e Educação, Bauru, v. 24, n. 2, p. 319-335, 2018.

BANDEIRA, M. O último poema. **Bandeira de bolso: uma antologia poética**. Organização e apresentação de Mara Jardim. Porto Alegre, RS: L&PM, 2013. p. 91.

BARROS, L. G.; ASSIS, A.; LANGHI, R. **Proposta de construção de espectroscópio como alternativa para o ensino de Astronomia**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 1026-1046, dez. 2016.

BARROS, M. F. B. **Os movimentos dos planetas e os modelos de universo: uma proposta de sequência didática para o ensino médio**. 2014. 167 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

BARROW, L. H. **A brief history of inquiry: from Dewey to standards**. Journal of Science Teacher Education, v.17, n.3, p.265-278, 2006.

BATISTA, E. L.; LIMA, M. L. Dermeval Saviani: uma trajetória de luta e compromisso com a educação transformadora. In: **Germinal: Marxismo e Educação em Debate**. Salvador, v. 5, n. 2, p. 203-215, dez. 2013.

BEZERRA, C. P. **O ensino-aprendizagem da astronomia a partir dos conhecimentos prévios dos alunos no fundamental II**. 2016. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Pau dos Ferros, 2016.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: Uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

BONTEMPO, C. **Entenda por que a falta de chuva aumenta o custo da energia no Brasil**. Jornal Nacional. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal->

nacional/noticia/2014/03/entenda-por-que-falta-de-chuva-aumenta-o-custo-da-energia-no-brasil.html>. Acesso em: 13 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Falta de professores preocupa especialistas**. Portal do MEC. Secretaria de Educação Superior, 2008. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/sesu-secretaria-de-educacao-superior?task=view&id=9885>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

_____. Ministério da Educação. **PCN + Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2006.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio** (Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias). Brasília: MEC, 2000.

_____. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998a.

_____. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Parecer CEB n. 15/98. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC/CNE, 1998b.

_____. **Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 1996.

CALAZANS, D. **Como a energia nuclear funciona?** ep. 45. Ponto em comum, 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=T6uOxjQbjEc>>. Acesso em: 13 set. 2019.

CAMILETTI, G. **Física Experimental IV - Espectroscópio Caseiro**. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=A5MUu_WGs6U>. Acesso em: 14 set. 2019.

CARDINOT, M.; NAMEN, A. **Astronomia no ensino de física**: uma abordagem com o uso de simulações de chuvas de meteoros em um planetário virtual. Revista Ciência e Desenvolvimento. Vitória da Conquista, v.10, n. 1, p. 65-83, jan/abr. 2017.

CARLSON, L., HUMPHREY, G., & REINHARDT, K. **Weaving science inquiry and continuous assessment**. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2003.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 53-78

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Sequências de Ensino Investigativas: SEI: o que os alunos aprendem? In: TAUCHEN, G.; SILVA, J. A. da. (Org.). **Educação em Ciências**: epistemologias, princípios e ações educativas. Curitiba: CRV, p. 151-174, 2012.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. 4.ed. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

CRISTOFOLETI, R. de C. **A Importância da Educação para a Aprendizagem e o Desenvolvimento dos Sujeitos: O Papel da Escola e da Linguagem**. XVI ENDIPE – Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino – UNICAMP, Campinas: 2012.

CUNHA, M. V. da. **John Dewey e o pensamento educacional brasileiro: a centralidade da noção de movimento**. Revista Brasileira de Educação. n. 17, p.86-98, mai-ago 2001.

DAMINELI, A. STEINER, J. **O Fascínio do universo**. São Paulo: Odysseus Editora, 2010.

DIAS, J. **Luz e Espectro**. Ventos do Universo, 2012. Disponível em: < <http://ventosdouniverso.blogspot.com/2012/02/>>. Acesso em: 01 set. 2019.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. **Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms**. Science Education, Hoboken, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.

DUTRA, V. **Por que somos poeira das estrelas?** Canal Singularidade, 2018. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=nHN7ZMf7oTI>>. Acesso em: 12 set. 2019.

EINSTEIN, A. **Como vejo o mundo**. Tradução de H. P. de Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Currículo do Espírito Santo**. Área de Conhecimento: Ciências da Natureza. Vitória: SEDU, 2018. Disponível em: < https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curriculo_ES_Ciencias_Natureza.pdf>. Acesso em: 19 set. 2019.

FALKEMBACH, E. M. F. **Diário de campo: um instrumento de reflexão**. In: Contexto e educação. Ijuí, RS, vol. 2, n. 7, p. 19-24, jul-set. 1987.

FARIAS, T. R. C. **O impacto do uso de atividades investigativas na motivação em aprender física**. 2018. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

FERNANDES, S. S. **Uma proposta de atividades investigativas envolvendo sistema métrico**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FERRARI, M. **Herbert Spencer, o ideólogo da luta pela vida**. Nova Escola, 2008a. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/1685/herbert-spencer-o-ideologo-da-luta-pela-vida>>. Acesso em: 02 jan. 2020.

FERRARI, M. **John Dewey, o pensador que pôs a prática em foco**. Nova Escola,

2008b. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/1711/john-dewey-o-pensador-que-pos-a-pratica-em-foco>>. Acesso em: 02 jan. 2020.

FERREIRA, C. A. **Medidas de distância em astronomia: uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino médio**. 2018. 171 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.

FIGUEIRA, R. **Abordagem temática e a introdução de conteúdos de física moderna e contemporânea no ensino médio: uma primeira aproximação**. 2014. 138 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. **Espectroscopia**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2019.

FOGAÇA, J. R. V. **Espectros de Emissão e de Absorção e Leis de Kirchhoff**. *Brasil Escola*, 2011, Disponível em: <<https://brasil-escola.uol.com.br/quimica/espectros-emissao-absorcao-leis-kirchhoff.htm>>. Acesso em 13 set. 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 53 ed. São Paulo: Paz e Terra, 2016.

FRINHANI, G. **O uso da astronomia como eixo temático motivador para introdução ao estudo de cinemática no ensino médio**. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) - Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, 2016.

GASKELL, G. Entrevistas individuais e grupais. In: GASKELL, G.; BAUER, M. W. (Org.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Petrópolis: Vozes, 2002. p. 64-89.

GIL, P. D.; CASTRO, P. V. **La orientacion de las practicas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo**. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 14, n. 2, p. 155–163, 1996.

GOIS, E. **Contribuição da educação estética para o ensino de física moderna e contemporânea**. 2014. 125 f. Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2014.

GONZALEZ, E. A. M.; NADER, R. V. de; MELLO, A. B.; PINTO, S. S.; PEREIRA, D. N. E.; SOUZA, E. A. de; CAMPOS, J. A. S. de. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária - Belo Horizonte – 12 a 15 de setembro de 2004 - **A Astronomia como Ferramenta Motivadora no Ensino das Ciências** - Área Temática de Educação.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. **Dicionário Houaiss de Língua Portuguesa**. Elaborado pelo Instituto Antônio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa S/C Ltda. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

IVIC, I. **Lev Semionovich Vygotsky / Ivan Ivic**; Edgar Pereira Coelho (org.). Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

LANGHI, R; NARDI, R. **Ensino da astronomia no Brasil**: repensando a formação de professores. São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 1994.

LIMA, F. H. **Um método de transcrições e análise de vídeos**: a evolução de uma estratégia. In: VII Encontro Mineiro de Educação Matemática (VII EMEM), 2015, São João Del Rei. Anais do VII Encontro Mineiro de Educação Matemática (VII EMEM). São João Del Rei: Universidade Federal de São João Del Rei, 2015. v. 7. p. 1-11.

LISPECTOR, C. **Um Sopro de Vida (Pulsações)**. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1978.

LUCCI, M. A. A proposta de Vygotsky: a psicologia sócio histórica. In: **Revista de currículum y formación del profesorado**, 10, 2, 2006.

LÜDKE, M; ANDRÉ, M. E. D. **A. Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

LUDOVICO, M. M. **Proposta de um jogo didático para a abordagem do tema física de partículas com alunos do ensino médio**. 2017. 105 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

MACIEL, W. J. **Formação dos Elementos Químicos**. Revista USP, São Paulo, n.62, p. 66-73, junho/agosto 2004. Disponível em:< <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/13342/15160/>>. Acesso em: 19 jul. 2019.

MÁXIMO, M. P., ABIB, M. L. V. S., Ensino por investigação e aprendizagem de conceitos físicos e de habilidades ao longo do tempo. XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2012, Maresias, São Paulo. 2012.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. **Einstein e a educação**. São Paulo: Livraria da Física; 2006.

MEIRIEU, P. A. **Pedagogia entre o Dizer e o Fazer**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MONICO, K. M. **Dualidade onda-partícula**: uma sequência didática para o ensino médio com foco em atividades investigativas. 2018. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea**. Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro: 2014. Disponível em: < https://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsinoFisica.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2019.

_____. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

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

MUNFORD, D. e LIMA, M. E. C. de C. **Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?** Revista Ensaio, v. 1, São Paulo, 2007.

O'DOWD, M. **Físico Explica a Origem dos Elementos Químicos**. Canal Space Time, 2016. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=yKtvMVODbm8>>. Acesso em: 12 set. 2019.

OLIVEIRA, M. K. Três questões sobre desenvolvimento conceitual. In: **Investigações cognitivas: conceitos, linguagem e cultura**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

_____. Vygotsky: **aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio histórico**. São Paulo: Scipione, 1997.

_____. Vigotski e o processo de formação de conceitos. In: **Piaget, Vigotski, Wallon – Teorias psicogenéticas em discussão**. São Paulo: Summus, 1992.

OLIVEIRA, R. J. **Pós-Modernidade e Educação: algumas reflexões sobre o problema do conhecimento**. Espaço (INES), Rio de Janeiro, n.17, p. 34-38, 2002.

ORTELAN, G. B. **Potencialidades de notícias publicadas por mídias de grande acesso para a inserção de física moderna no ensino médio – o caso LHC**. 2015. 134 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

OSTERMANN, F. **Tópicos de física contemporânea em escolas de nível Médio e na formação de professores de física**. 1999. 175 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa _ física moderna e contemporânea no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, jan. 2000.

PENA, F. L. A. **Sobre a presença do Projeto Harvard no sistema educacional brasileiro**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 1-4, 2012.

PEREIRA, A. R.; ALVES, J. P. G.; DUTRA, J.C.B.; ORTIZ, J.S.E. Perfil dos professores de Física no ensino médio na região de Catalão – Goiás. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória, ES. Atas 2009.

PEREIRA, F. C. **Uma Breve História da Física Moderna e Contemporânea**. Revista Professores, ISSN 2446-9793, Caçador, v. 4, n. 3, p. 177-188, 2015.

PEREIRA, M. R. S. **O lugar da imaginação na construção do conhecimento científico**. 2009. 168 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PEREIRA, W. V. **Propostas de utilização de sequências didáticas investigativas para o estudo do conceito de velocidade no ensino médio**. 2014. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

PERIPATO, D. P. **Reação em cadeia: o que é reação em cadeia?** Portal São Francisco, 2017. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol3/Num2/a13.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2020.

PETRONOTÍCIAS. **A capacidade de geração de energia com base nuclear está aumentando em todo mundo**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://petronoticias.com.br/archives/114220>>. Acesso em: 10 set. 2019.

PPP – **Projeto Político Pedagógico da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio** (local da pesquisa). São Gabriel da Palha, 2018.

REGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Petrópolis: Vozes, 1995.

RICARDO, E. C. **Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 4, n. 1, Florianópolis, 2003.

RIBEIRO, J. O. N.; FREITAS, M. T. A. **Contribuições da perspectiva histórico-cultural para a construção de conhecimento a partir da interação dos sujeitos com as produções culturais multimídia**. 36ª Reunião Nacional da ANPEd – 29 de setembro a 02 de outubro de 2013, Goiânia-GO. Disponível em: <http://36reuniao.anped.org.br/pdfs_trabalhos_aprovados/gt20_trabalhos_pdfs/gt20_2903_texto.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2019.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A.T. **O ensino de ciências por investigação: uma reconstrução histórica**. Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba, 2008.

RODES, G. P. **O processo de implementação de uma sequência de ensino investigativa e o desenvolvimento de conceitos relacionados à hidrostática no ensino médio**. 2017. 130 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

ROSITO, B. A. O Ensino de Ciências e a Experimentação. In: MORAES, R. (org.). **Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

SÁ, E. F.; PAULA, H. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR, O. R. **As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso especialização em ensino de ciências**. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2007.

_____. A construção de sentidos para o termo Ensino por Investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.

SAGAN, C. **Pálido Ponto Azul: Uma visão do futuro da humanidade no espaço**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SANTIAGO, A. V. R. **O potencial da observação no ensino de astronomia: um estudo do conceito de energia**. 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SARAIVA, M. de F. O. **Espectroscopia**. Departamento de Astronomia, Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2004/arquivos/aula_espec.htm>. Acesso em: 17 set. 2019.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n.1, p. 59-77, 2011.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações**. 1 ed. São Paulo: Autores Associados, 1991.

SEFERIN, A. M. L. **Cosmologia e atividades investigativas no ensino médio: um estudo sobre os efeitos dessa abordagem sobre a aprendizagem dos estudantes**. 2016. 245 f. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) - Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, 2016.

SCHMITT, D.; RIBEIRO, M. A. P. ; SOUZA, D. O. G. ; DEL PINO, J. C. **A Filosofia da Química na formação dos professores de Química**. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Buenos Aires, Argentina: nov. 2014. Disponível em: <<https://www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/713.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

SILVA JUNIOR, J. M. **A construção de conhecimentos científicos nas aulas de física utilizando atividades investigativas**. 2015. 130 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

SILVA, A. A. **Experimentos e experiências na sala de aula: potencialidades pedagógicas das atividades investigativas no ensino de física.** 2014. 165 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SITE ASTRONOMIA. **O que é Cosmologia?** Disponível em: <<http://www.siteastronomia.com/o-que-e-cosmologia>>. Acesso em: 13 jul. 2019.

STELLARIUM.ORG. Stellarium 0.15.1. **Software livre do tipo planetário.** Disponível em: <<https://stellarium.org/pt/>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

TERRAZAN, E. A. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TERRAZAN, E. A.; LUNARDI, G.; HERNANDES, C. L. **O uso de experimentos na elaboração de módulos didáticos por professores do GTPF/NEC.** IV Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências. Bauru, SP, 2003.

TRÓPIA, G. **Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas no século XX.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7., 2009, Florianópolis, 2009. Anais, Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009. Disponível em <<http://www.foco.fae.ufmg.br/viienpec/index.php/enpec/viienpec/paper/view/83>>. Acesso em 20 out. 2019.

VALADARES, E. C., MOREIRA, A. M. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.

VIEIRA, D. M. **Supercondutividade: uma proposta de inserção no ensino médio.** 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

VYGOTSKY, L. S. Aprendizagem e desenvolvimento na Idade Escolar. In: **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem. Vigostky, L. Luria, A. Leontiev, A.N.** 11ª. Edição. São Paulo: Ícone, 2010, p. 103-117.

_____. **A formação social da mente.** 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

_____. **Pensamento e linguagem.** 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

_____. **Psicologia pedagógica.** São Paulo: Martins Fontes, 2001.

_____. **A construção do pensamento e da linguagem.** Tradução Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

WONG, D.; PUGH, K. Learning science: a deweyan perspective. **Journal of Research in Science Teaching, Hoboken,** v. 38, n. 3, p. 317-336, 2001.

ZÔMPERO, A. F.; LÁBURU, C. E. **Atividades investigativas no ensino de Ciências:** aspectos históricos e diferentes abordagens. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67-80, set./dez. 2011.

APÊNDICE A

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você _____ está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa intitulada **“A física das estrelas: a astronomia e a astrofísica como caminhos para ensinar física moderna e contemporânea na educação básica”**, sob a responsabilidade de Wenderson Mação Pereira, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica -PPGEEB (Mestrado) da Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo – Campus São Mateus.

A pesquisa tem como objetivo analisar criticamente a apropriação de conceitos de Física Moderna e Contemporânea, à luz da teoria histórico-cultural, apresentando a Astronomia e a Astrofísica como ferramentas motivadoras e facilitadoras para o processo de ensino-aprendizagem da Física na Educação Básica.

Para a realização da pesquisa serão atividades práticas, pesquisas e palestras no contraturno, que serão acompanhados pelo pesquisador e pela orientadora Dra Márcia Regina Santana Pereira. Os procedimentos utilizados para a obtenção dos dados serão a observação das atividades, da interação entre os alunos, das relações de ensino realizadas e anotações das observações em diário de campo.

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos em tipos e graus variados. Por envolver a observação das práticas educativas realizadas, pode haver constrangimento dos envolvidos na situação de ensino e aprendizado e alterar a dinâmica das relações de ensino ali instauradas. Em casos de ocorrência com relação aos riscos e desconfortos será dada assistência imediata que se configura na assistência emergencial e sem ônus de qualquer espécie ao participante da pesquisa, em situações em que este dela necessite e assistência integral, que é aquela prestada para atender complicações e danos decorrentes, direta ou indiretamente, da pesquisa. Também será garantida a indenização diante de eventuais danos, através da cobertura material para reparação ao dano, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa.

Os benefícios dessa pesquisa estão relacionados à contribuição da melhoria das práticas pedagógicas no que se refere ao ensino da Física, indo ao encontro das aprendizagens dos participantes da pesquisa e contribuindo para a qualidade do ensino a ser oferecido.

É importante dizer que os dados e as imagens dos participantes da pesquisa serão mantidos em sigilo, durante todas as fases da pesquisa, inclusive após publicação. Nesse sentido, os nomes dos participantes da pesquisa na escrita dos resultados e análise dos dados serão fictícios, salvo com autorização por escrito dos pais ou responsáveis.

Os dados da pesquisa serão analisados à luz da contribuição da perspectiva Histórico-Cultural, desenvolvida por Vygotsky e serão armazenados num prazo de 05 anos. Os resultados da pesquisa serão utilizados nas reflexões sobre o ensino da Física e como

a utilização da Astronomia e da Astrofísica podem motivar os alunos no aprendizado desse componente curricular.

A sua participação na pesquisa é voluntária e que caso você opte por não participar, não terá nenhum prejuízo e você não mais será contatado (a) pela pesquisadora.

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa ou para relatar algum problema, o (a) Sr. (a) pode contatar o pesquisador Wenderson Mação Pereira, no telefone (27) 99773-7763 ou (27) 3727-6218.

Nesse sentido, gostaria de contar com a sua colaboração, através de seu Assentimento Livre e Esclarecido.

Obs: Esse termo de Assentimento Livre e Esclarecido será lido para o (a) menor participante da pesquisa na presença de uma testemunha.

DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DO SUJEITO PARTICIPANTE DA PESQUISA

Eu fui informado (a) pelo pesquisador responsável do presente estudo sobre os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO e tive a oportunidade de fazer perguntas, assim como, todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu recebi uma via deste Termo de Assentimento, de igual teor, assinada pelo pesquisador principal e rubricada em todas as páginas.

São Gabriel da Palha, ____ de _____ de 2018.

ASSINATURA DO (A) MENOR PARTICIPANTE DA PESQUISA

Na qualidade de pesquisador responsável pela pesquisa “**A física das estrelas: a astronomia e a astrofísica como caminhos para ensinar física moderna e contemporânea na educação básica**”, eu Wenderson Mação Pereira, declaro ter cumprido as exigências do termo IV.3, da Resolução CNS 466/12, a qual estabelece diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.

São Gabriel da Palha, ____ de _____ de 2018.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL

APÊNDICE B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DESTINADO AOS PAIS OU RESPONSÁVEIS LEGAIS

O (a) menor _____ pelo (a) qual o (a) senhor (a) é responsável está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada “**A física das estrelas: a astronomia e a astrofísica como caminhos para ensinar física moderna e contemporânea na educação básica**”, sob a responsabilidade de Wenderson Mação Pereira, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica - PPGEEB (Mestrado) da Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo – Campus São Mateus.

Objetivos da Pesquisa:

A pesquisa tem como objetivo analisar criticamente a apropriação de conceitos de Física Moderna e Contemporânea, à luz da teoria histórico-cultural, apresentando a Astronomia e a Astrofísica como ferramentas motivadoras e facilitadoras para o processo de ensino-aprendizagem da Física na Educação Básica.

Procedimentos para obtenção dos dados:

Para a realização da pesquisa serão atividades práticas, pesquisas e palestras no contraturno, que serão acompanhados pelo pesquisador e pela orientadora Dra Márcia Regina Santana Pereira. Os procedimentos utilizados para a obtenção dos dados serão a observação das atividades, da interação entre os alunos, das relações de ensino realizadas e anotações das observações em diário de campo.

Riscos e Desconfortos:

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos em tipos e graus variados. Por envolver a observação das práticas educativas realizadas em sala de aula e na sala de recursos, pode haver constrangimento dos envolvidos na situação de ensino e aprendizado e alterar a dinâmica das relações de ensino ali instauradas. Em casos de ocorrência com relação aos riscos e desconfortos será dada assistência imediata que se configura na assistência emergencial e sem ônus de qualquer espécie ao participante da pesquisa, em situações em que este dela necessite e assistência integral, que é aquela prestada para atender complicações e danos decorrentes, direta ou indiretamente, da pesquisa. Também será garantida a indenização diante de eventuais danos, através da cobertura material para reparação ao dano, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa.

Benefícios:

Os benefícios dessa pesquisa estão relacionados à contribuição da melhoria das práticas pedagógicas no que se refere ao ensino da Física, indo ao encontro das aprendizagens dos participantes da pesquisa e contribuindo para a qualidade do ensino a ser oferecido.

Garantia do Sigilo e Privacidade:

É importante dizer que os dados dos participantes da pesquisa serão mantidos em sigilo, durante todas as fases da pesquisa, inclusive após publicação. Nesse sentido,

os nomes dos participantes da pesquisa na escrita dos resultados e análise dos dados serão fictícios, salvo com autorização por escrito dos pais ou responsáveis.

Garantia de recusa em Participar da Pesquisa e/ou Retirada de Consentimento:

O (A) Sr. (A) não é obrigado (a) a participar da pesquisa, podendo deixar de participar dela a qualquer momento de sua execução, sem que haja penalidades ou prejuízos decorrentes de sua recusa. Caso decida retirar seu consentimento, o (a) Sr (a) não mais será contatado (a) pela pesquisadora.

Esclarecimento de dúvidas:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa ou para relatar algum problema, o (a) Sr. (a) pode contatar o pesquisador Wenderson Mação Pereira, no telefone (27) 99773-7763 ou (27) 3727-6218.

Nesse sentido, gostaria de contar com a sua colaboração, através de seu Consentimento Livre e Esclarecido.

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO DOS PAIS OU RESPONSÁVEL PARA O MENOR PARTICIPANTE DA PESQUISA

Declaro que fui verbalmente informado (a) e esclarecido (a) sobre o presente documento, entendendo todos os termos acima expostos, e que voluntariamente aceito a participação do (a) menor pelo (a) qual sou responsável e compreendo que posso retirar meu consentimento e interrompê-lo a qualquer momento, sem penalidade. Também declaro ter recebido uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de igual teor, assinada pela pesquisadora principal e rubricada em todas as páginas.

São Gabriel da Palha, _____ de _____ de 2018.

ASSINATURA DO PAI/OU MÃE/OU RESPONSÁVEL LEGAL

Na qualidade de pesquisador responsável pela pesquisa “**A física das estrelas: a astronomia e a astrofísica como caminhos para ensinar física moderna e contemporânea na educação básica**”, eu Wenderson Mação Pereira, declaro ter cumprido as exigências do termo IV.3, da Resolução CNS 466/12, a qual estabelece diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.

São Gabriel da Palha, _____ de _____ de 2018.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL

APÊNDICE C

ATIVIDADE SOBRE A ORIGEM DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

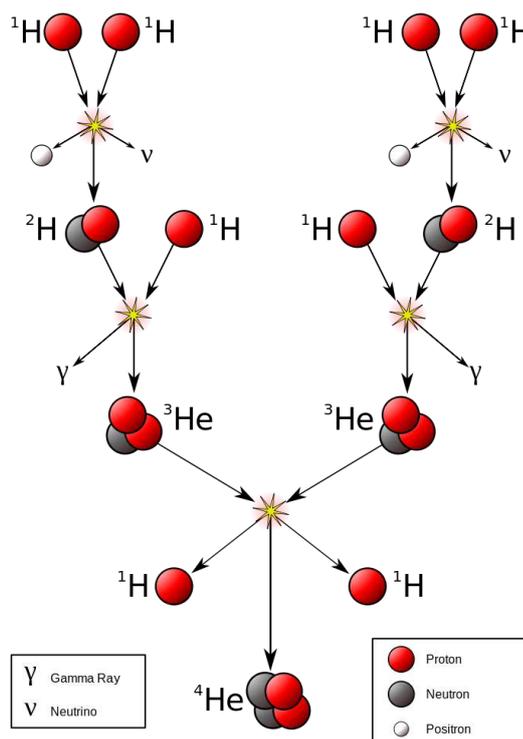
Tomando como referência os vídeos “Físico Explica a Origem dos Elementos Químicos” e “Porque somos poeira das estrelas?”, desenvolva as atividades abaixo:

Atividade 01: Nucleossíntese primordial

Os átomos dos elementos químicos mais leves, principalmente Hidrogênio (H) e Hélio (He), foram formados quando o Universo era jovem, denso e quente. Essa é a chamada Nucleossíntese Primordial. Os demais elementos têm sua origem no interior das estrelas e foram sintetizados por reações nucleares de fusão, em que núcleos mais leves resultam em núcleos mais pesados. Essa é a Nucleossíntese Estelar.

Fonte: A formação dos elementos químicos. Observatório Educativo Itinerante. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/oei/hipexpo/nucleossintese.pdf>>.

a) Com base na leitura do texto acima e em seus conhecimentos, descreva a figura abaixo:



Atividade 02: Nucleossíntese estelar

AS PRIMEIRAS ESTRELAS

O tipo mais simples de átomo no universo é um átomo de hidrogênio, que contém um único próton no núcleo (possivelmente com alguns nêutrons pendurados, também) com elétrons circulando esse núcleo. Acredita-se que esses prótons se formaram quando o plasma de quarks-glúons incrivelmente alto do universo primitivo perdeu energia suficiente para que os quarks começassem a se unir para formar prótons (e outros hadrons, como nêutrons).

O hidrogênio se formou praticamente instantaneamente e até mesmo o hélio (com núcleos contendo 2 prótons) formou-se em ordem relativamente curta (parte de um processo chamado de nucleossíntese do Big Bang).

Como este hidrogênio e hélio começaram a se formar no universo primitivo, havia algumas áreas onde era mais denso que em outros.

A Gravidade assumiu e, eventualmente, esses átomos foram unidos em enormes nuvens de gás na vastidão do espaço. Uma vez que essas nuvens se tornaram grandes o bastante, elas foram atraídas pela gravidade com força suficiente para realmente fazer com que os núcleos atômicos se fundissem, em um processo chamado fusão nuclear. O resultado desse processo de fusão é que os dois átomos de um próton formaram agora um único átomo de dois prótons. Em outras palavras, dois átomos de hidrogênio iniciaram um único átomo de hélio. A energia liberada durante esse processo é o que faz com que o sol (ou qualquer outra estrela, por exemplo) queime.

Demora quase 10 milhões de anos para queimar o hidrogênio e então as coisas esquentam e o hélio começa a se fundir. A nucleossíntese estelar continua a criar elementos mais pesados e pesados, até que você acaba no ferro.

Criando os elementos mais pesados

A queima de hélio para produzir elementos mais pesados continua por cerca de um milhão de anos. Em grande parte, é fundido em carbono através do processo triplo-alfa, no qual três núcleos de hélio-4 (partículas alfas) são transformados. O processo alfa então combina hélio com carbono para produzir elementos mais pesados, mas apenas aqueles com um número par de prótons. As combinações vão nesta ordem:

Carbono e hélio produzem oxigênio.
O oxigênio e o hélio produzem néon.
O néon e o hélio produzem magnésio.
O magnésio e o hélio produzem silício.
O silício e o hélio produzem enxofre.
Enxofre e hélio produzem argônio.
O argônio e o hélio produzem cálcio.
O cálcio e o hélio produzem titânio.
O titânio e o hélio produzem cromo.
O cromo e o hélio produzem ferro.

APÊNDICE D

Texto 01

A CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA COM BASE NUCLEAR ESTÁ AUMENTANDO EM TODO MUNDO

06. JUL, 2018 0 COMENTÁRIOS



A capacidade de energia nuclear em todo o mundo está aumentando constantemente, com cerca de 50 reatores em construção neste momento. A maioria dos reatores encomendados ou planejados está na região asiática, embora existam grandes planos para novas unidades na Rússia. A capacidade adicional significativa está sendo criada pelo melhoramento dessas plantas. Os programas de extensão vitalícia de usinas estão mantendo a capacidade,

particularmente nos EUA. Hoje existem cerca de 450 reatores nucleares operando em 30 países com uma capacidade combinada de mais de 390 GWe. Em 2015, eles forneceram 2571 bilhões de kWh, cerca de 11% da eletricidade mundial. Os quase 50 reatores estão sendo construídos em 13 países, com a liderança da China, Índia, Emirados Árabes Unidos e Rússia.

A cada ano, a Agência Internacional de Energia da OCDE (IEA) define a situação atual, bem como cenários de referência, particularmente mostrando a redução de carbono. Na edição de 2017 do seu relatório World Energy Outlook, o “**Cenário de Novas Políticas**” da AIE vê o crescimento da capacidade nuclear instalada de mais de 25% de 2015 (cerca de 404 GWe) a 2040 (cerca de 516 GWe). O cenário prevê uma capacidade de geração total de 11.960 GWe até 2040, com o aumento concentrado fortemente na Ásia e, em particular, na China (33% do total). Nesse cenário, a contribuição da energia nuclear



O módulo CA01 é içado ao devido lugar / Imagem: Georgia Power

para a geração de energia global aumentou para cerca de 14% do total. O Cenário de Novas Políticas da AIE baseia-se em uma revisão de anúncios e planos de políticas, refletindo a forma como os governos estão vendo seus setores de energia evoluindo nas próximas décadas. A AIE estima que o impacto cumulativo das novas políticas resultaria em um crescimento constante das emissões globais de CO₂ do setor de energia até 2040. A AIE produziu um ‘**Cenário de Desenvolvimento Sustentável**’ de baixo carbono que é consistente com a limitação da temperatura global média: aumentar em 2100 para 2 graus Celsius acima dos níveis pré-industriais. No Cenário de Desenvolvimento Sustentável, a capacidade nuclear aumenta para 720 GWe até 2040, fornecendo cerca de 15% da geração de eletricidade.

O relatório afirma que fontes de baixo carbono dobram sua participação no mix de energia para 40% em 2040. Todos os caminhos para melhorar a eficiência são perseguidos, a demanda de carvão entra em declínio imediato e o consumo de petróleo logo em seguida. A geração de energia é praticamente descarbonizada, contando até 2040 com geração a partir de fontes renováveis (mais de 60%), energia nuclear (15%) bem como uma contribuição da captura e armazenamento de carbono (6%), uma tecnologia que desempenha um papel igualmente significativo no corte de emissões do setor industrial.



Na década de 1980, 218 reatores de potência foram iniciados, entre eles 47 nos Estados Unidos, 42 na França e 18 no Japão, com uma potência nominal média de 923,5 MWe. Com os setores nucleares da China e da Índia crescendo, não é difícil imaginar uma taxa semelhante de construção de reatores nos próximos anos. A maioria na região asiática, com economias em rápido crescimento, assim como a demanda. Cerca de 150 reatores de energia com uma capacidade total de quase 160.000 MWe estão em construção ou planejados, e cerca de mais 300 são propostos. Muitos países com programas de energia nuclear existentes têm planos para construir novas usinas nucleares. Cerca de 30 países estão considerando, planejando ou iniciando programas de energia nuclear.

Numerosos reatores de energia nos EUA, Suíça, Espanha, Finlândia e Suécia, por exemplo, tiveram sua capacidade de geração aumentada. Na Suíça, todos os reatores operantes tiveram aumento de capacidade em 13,4%. Espanha teve um programa para adicionar 810 MWe (11%) à sua capacidade nuclear através da modernização de seus nove reatores em até 13%. A Finlândia aumentou a capacidade da fábrica original de Olkiluoto em 29% para 1.700 MWe. Esta usina começou com dois BWR suecos de 660 MWe encomendados em 1978 e 1980. Na França, há revisões de dez anos de reatores.



A maior parte das usinas nucleares tinha originalmente uma vida nominal de projeto de 25 a 40 anos, mas avaliações de engenharia estabeleceram que muitas podem operar por mais tempo. Até o final de 2016, o NRC havia concedido renovações de licença para mais de 85 reatores, estendendo sua vida útil de 40 para 60 anos. Tais extensões de licença por volta da marca de 30 anos justificam gastos significativos de capital

necessários para a substituição de equipamentos gastos e sistemas de controle desatualizados. A Autoridade de Segurança Nuclear (ASN) aprovou o caso de segurança da EDF para a operação de 40 anos de suas 900 unidades MWe, com base na avaliação genérica dos 34 reatores. Existem planos para levar a vida útil do reator a 60 anos, envolvendo gastos substanciais.

Texto 02

Entenda por que a falta de chuva aumenta o custo da energia no Brasil

A Aneel aprovou nesta terça (18) uma nova ajuda para as distribuidoras cobrirem parte do aumento de custos com a compra de energia.



A Agência Nacional de Energia Elétrica aprovou nesta terça-feira (18) uma nova ajuda para as distribuidoras cobrirem parte do aumento de custos com a compra de energia. Os recursos vão sair de um fundo do próprio setor elétrico e devem chegar a quase a quase R\$ 3 bilhões até o fim do ano. Na semana passada, o governo tinha anunciado um socorro de R\$ 12 bilhões para as distribuidoras. Esse aumento de custos é resultado da falta de chuvas. E a

repórter Cláudia Bomtempo explica por quê.

As distribuidoras são as responsáveis pelo transporte da energia até as casa dos brasileiros. Mesmo não sendo as produtoras da energia, as distribuidoras são obrigadas, pelo contrato que têm com o governo, a suprir toda a necessidade dos consumidores. Se o consumo dos clientes aumenta, as distribuidoras são obrigadas a buscar mais energia no mercado. Elas compram essa energia antecipadamente das usinas geradoras.

No Brasil, como quase 80% da nossa energia vêm das hidrelétricas que dependem das chuvas, se chove pouco, a energia encarece. É como o preço de qualquer produto que dependa do clima, como o tomate e o feijão, por exemplo. Se a oferta cai e a procura continua, ou até aumenta, o produto fica mais caro. Nas feiras e mercados, todo mundo sabe disso.

É o que tem acontecendo no Brasil. Desde o início do ano, a estiagem foi provocando a redução do nível dos reservatórios das hidrelétricas. Para poupar a água, foram acionadas as usinas térmicas, movidas a combustíveis. E essa forma de produzir energia é mais cara.

Para conseguir atender à demanda de energia, as distribuidoras têm dois caminhos.

A energia mais barata é obtida nos leilões do governo. E tudo acontece na internet. A Agência Nacional de Energia Elétrica, **Aneel**, chama as usinas geradoras - hidrelétricas, térmicas, eólicas - para participar do leilão. O governo estabelece um preço máximo que elas poderão cobrar das distribuidoras. E a vencedora vai ser aquela usina que oferecer o contrato de fornecimento pela menor tarifa.

Mas nem sempre as distribuidoras conseguem comprar toda a energia de que precisam nesses leilões. Às vezes, o preço máximo estabelecido pelo governo pode ficar abaixo daquele que as usinas geradoras querem cobrar. Quando isso acontece, elas preferem vender a energia que produzem no chamado mercado livre. E é exatamente neste mercado que as distribuidoras vão precisar comprar a energia que faltou para atender os clientes.

No mercado livre, o preço da energia varia de acordo com a oferta e a procura. O governo só estabelece um preço máximo. Neste ano de poucas chuvas, o valor do megawatt disparou e bateu no teto: R\$ 822 em fevereiro deste ano, contra R\$ 214 ano passado. Quase o quádruplo.

O governo marcou um novo leilão de energia para o dia 25 de abril. E espera que os preços e as condições dos contratos despertem o interesse das usinas geradoras.

“É um contrato de cinco, oito anos e, com isso, nós temos certeza que conseguimos preços que poderiam atrair tanto o gerador e que vão ser benéficos para o consumidor brasileiro”, afirma Marcio Zimmermann, secretário-executivo do Ministério de Minas e Energia.

Fonte: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2014/03/entenda-por-que-falta-de-chuva-aumenta-o-custo-da-energia-no-brasil.html>.

ATIVIDADE SOBRE ENERGIA NUCLEAR

Com base na leitura dos textos “A capacidade de geração de energia com base nuclear está aumentando em todo mundo” e no vídeo “Como a Energia Nuclear Funciona?”, podendo utilizar o auxílio da internet para pesquisa, componham grupos com 04 alunos e realizem as atividades a seguir:

1. Desenvolva uma representação esquematizando a geração de energia numa usina nuclear, descrevendo sucintamente cada processo e os fenômenos envolvidos e explique o que aconteceria se o reator nuclear se rompesse ou explodisse.

APÊNDICE E

ESPECTROSCOPIA

Um pouco de história da espectroscopia

De um modo geral pode observar-se três tipos de espectros:

- 1) Contínuo, quando a luz se apresenta como um contínuo de cores sem fronteiras delimitadas;
- 2) Discreto, que se caracteriza por linhas brilhantes (espectros de Emissão) ou por linhas escuras (espectros de Absorção).

Mas como se chegou a esta conclusão e que lições se podem tirar?

Primeiros espectros

Podemos definir um espectro como um registo da radiação eletromagnética nas suas várias "bandas".

Como já vimos no último post, Newton, em 1665, demonstrou que a luz branca, ao passar por um prisma de vidro, se decompõe em diferentes cores, formando um espectro com as cores do arco-íris.

Contudo, é bom recordar que já no século XVI, o alquimista L. Thurneysser (1531-1596) já tinha apercebido de que várias substâncias submetidas a uma chama produziam cores diferentes características.

Em 1752, Thomas Melvill realizou o "teste da chama": submetia uma substância a uma chama e observava-a através de um prisma. Ao analisar as chamas coloridas de vários sais, verificou que uma linha amarela aparecia sempre na mesma posição do espectro, concluindo que deveria resultar de impurezas de Sódio existentes em todos esses sais.

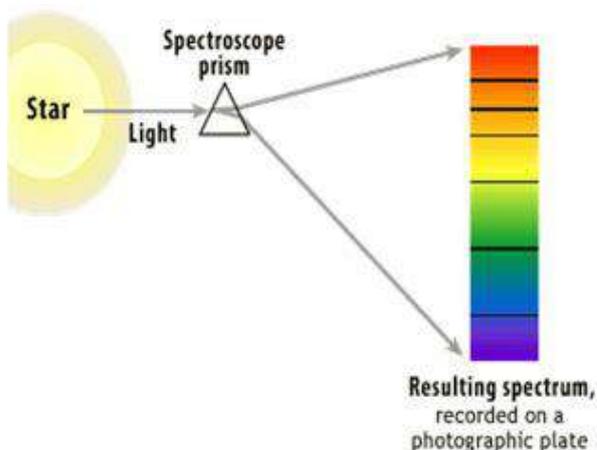
Em 1758, A.S. Marggraf (1709-1782) confirmava as cores que os sais de sódio e de potássio conferiam à chama.

Em 1802, William Wollaston (1766-1828) observou, ao examinar a chama de uma vela através de um prisma, bandas descontínuas. E, nesse mesmo ano, resolveu repetir a experiência de Newton, mas com uma inovação: utilizou uma fenda estreita em vez da abertura circular. Verificou que no alvo, depois do prisma, aparecia um conjunto de linhas (ou linhas) escuras espalhadas pelo espectro colorido contínuo.



Espectro de Absorção do Sol (Wollaston)

Joseph Fraunhofer, em 1814, construiu um finíssimo prisma, com o qual detectou as linhas escuras do espectro solar. Por isso, há quem lhe atribua a descoberta do espectroscópio, mas talvez seja mais apropriado falar de um prisma espectroscópico.

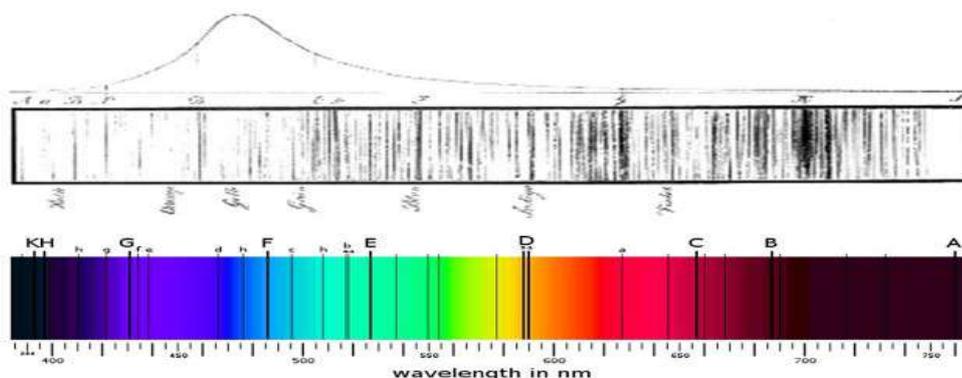


Prisma espectroscópico

"Espectroscópio" de Fraunhofer

Entretanto para aumentar a resolução dos espectros, resolveu colocar uma lente convexa entre a fenda e o prisma.

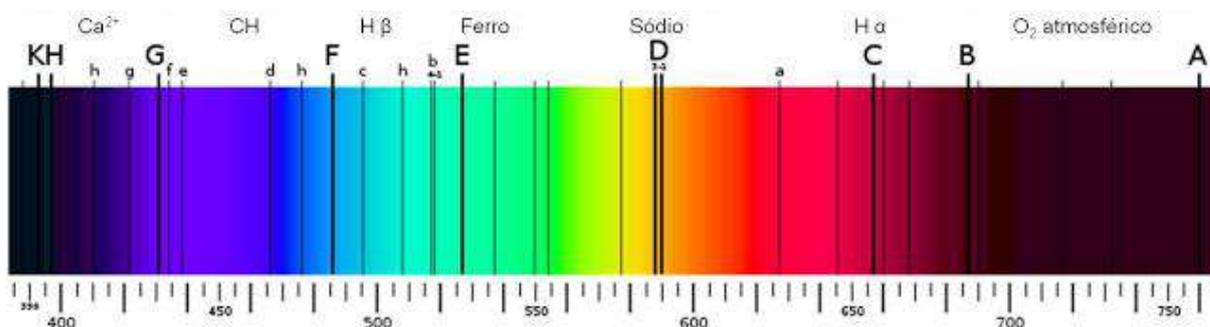
Assim, em 1820, já tinha observado mais de 570 linhas no espectro solar. Classificou 324 por meio das letras do alfabeto: às mais fortes atribuiu letras maiúsculas e às mais fracas letras minúsculas, começando pelo lado do vermelho. Estas linhas ficaram conhecidas por "linhas de Fraunhofer".



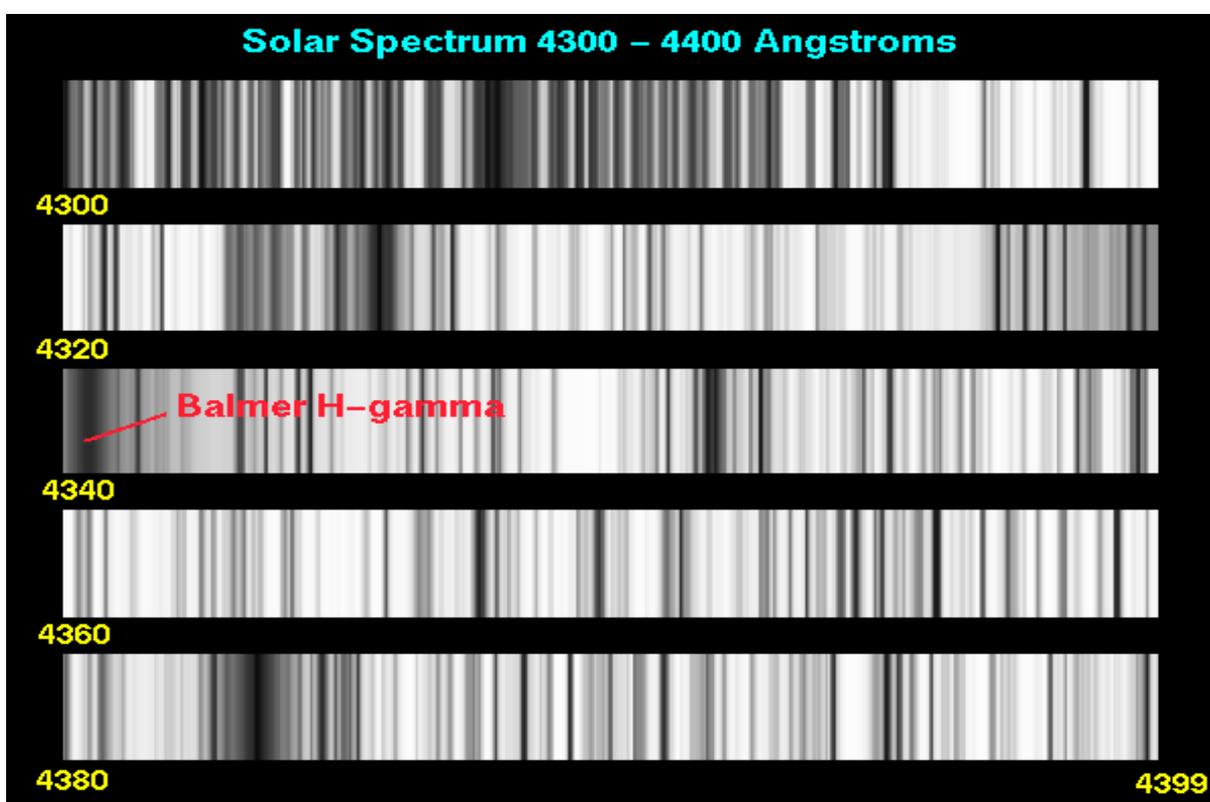
Linhas de Fraunhoff: Original e uma adaptação moderna

Repare-se que os espectros estão invertidos.

Hoje sabe-se que nem todas as linhas têm a sua origem no Sol, como as linhas A e B.



Com a introdução das “redes de difração”, que vieram eliminar efeitos de distorção do prisma que desviava mais as radiações violetas do que as vermelhas, foi possível, em 1862, catalogar cerca de 3000 linhas solares. Aqui fica uma pequena zona, dentro do Visível, situada entre os 430 e 440 nm.



O Angstrom (\AA) vale $0,0000000001$ m; outra unidade muito utilizada é o nm, nanómetro, dez vezes maior.

Mas a grande dificuldade é que não sabia o que originava estas linhas. Para confirmar que o fenómeno não era específico do Sol, Fraunhofer apontou o seu espectroscópio para as estrelas Sirius, Castor, Pollux, Capella, Betelgeuse e Procyon e observou também linhas escuras nos seus espectros.

Em 1822, John Herschel (1792-1871), filho de William Herschel, verificou que as chamas coloridas, obtidas na combustão de determinadas substâncias, emitiam padrões bem definidos de linhas espectrais, concluindo que era possível identificar as substâncias, mesmo em quantidades diminutas, pela simples observação do espectro produzido pela sua chama.

O nascimento da verdadeira espectroscopia

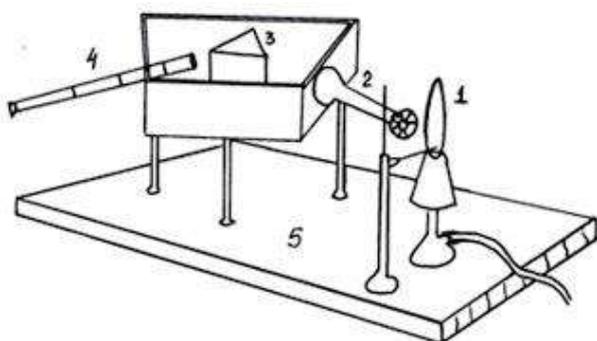
Só se pode falar, com propriedade, em Espectroscopia quando for possível explicar o aparecimento das linhas: qual o seu significado?

O grande salto qualitativo surgiu com duas grandes descobertas: a invenção do espectroscópio e a elaboração das leis de Kirchhoff.

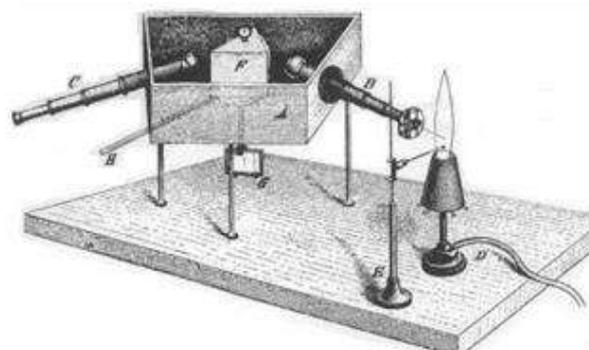
Espectroscópio

Esta invenção foi precedida por outra não menos importante, em 1856: a do bico de Bunsen, muito utilizado nos laboratórios científicos porque tem uma chama incolor. Isto é, quando se vaporiza algum material no bico de Bunsen, a cor emitida é a da própria substância e não a da chama do bico.

G.R. Kirchhoff (1824-1887), colaborador de Bunsen, sugeriu-lhe que a cor da chama vaporizada no bico de gás seria melhor observada se passa-se através de um conjunto de lentes e um prisma. Assim, surgiu, em 1859, um instrumento novo, o espectroscópio, com o qual se podiam obter as linhas espectroscópicas com grande precisão.



Esquema



Espectroscópio de Bunsen-Kirchhoff

Legenda do "Esquema": 1 - Chama; 2 - Colimador; 3 - Prisma; 4 - Telescópio; 5 - Plataforma de suporte.

A explicação do que é cada parte do aparelho - A, B, C, D, E, F, G e H - é feita numa "Memória" escrita pelos inventores.

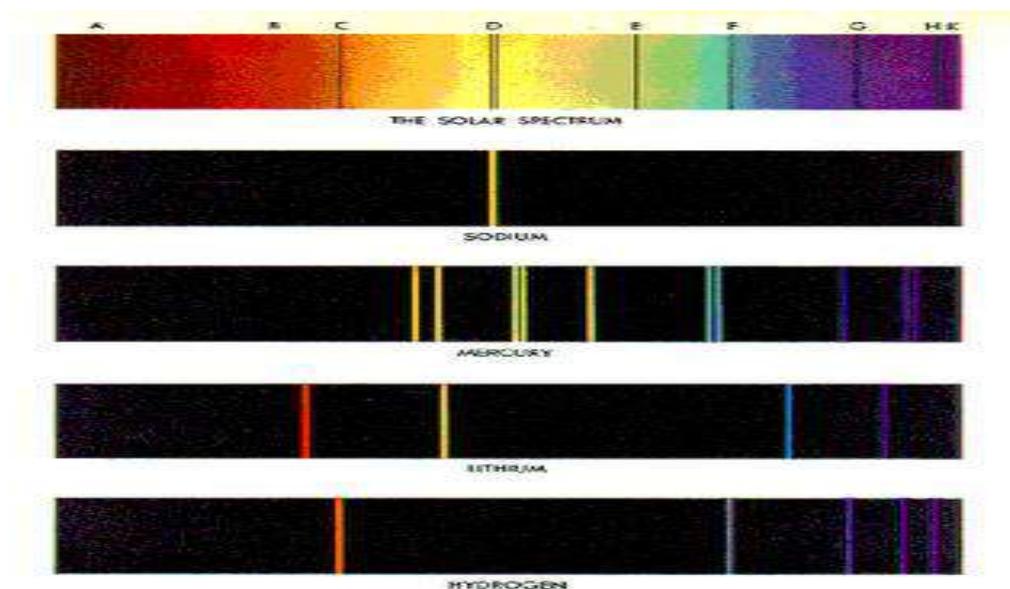
Para a construção do espectroscópio, os dois tinham motivações diferentes: Bunsen queria interpretar a cor dada à chama pelos diferentes sais; Kirchhoff, as linhas de Fraunhofer.

Como mero apontamento histórico, acrescentarei que o Laboratório Químico da Universidade de Coimbra foi um dos primeiros compradores deste espectroscópio ("espectrómetro") cinco anos depois do seu aparecimento.

Após muitas observações, Kirchhoff e Bunsen concluíram que cada elemento químico produzia linhas específicas, o que significava que, visto através do prisma, cada

elemento tinha uma assinatura própria, inconfundível. Demonstraram também que as linhas características de cada elemento não eram afetadas pela presença de outros elementos e que bastava uma quantidade diminuta do elemento para produzir o seu espectro. Como vimos, Herschel já tinha chegado à mesma conclusão quarenta anos antes!

Com o espectroscópio passou a dispor-se de um potente método, com uma sensibilidade nunca antes atingida, para detectar a presença de elementos desconhecidos em minerais.



Espectro do Sol comparado com o de outros metais

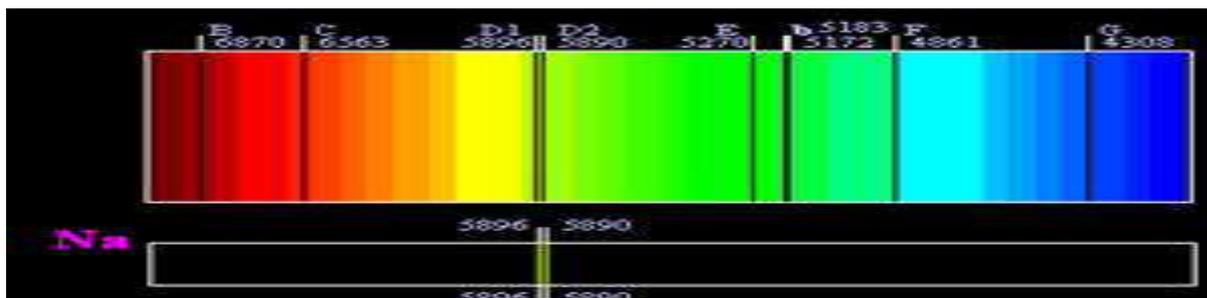
Facilmente concluímos que o Sol não tem nem Lítio nem Mercúrio, pois as linhas destes dois metais não existem no espectro solar.

Bunsen e Kirchhoff descobriram dois novos metais alcalinos:

- o céσιο (1860), com “uma formosa cor azul”, pelo lhe deram este nome derivado do latim caesius, palavra com que “os antigos designavam o azul da parte superior do firmamento” e

- o rubídio (1861), “de rubidus que entre os antigos servia para designar o vermelho mais intenso”.

Foram os primeiros a mostrar que, estando as duas linhas D (D1 e D2) do espectro solar estão exatamente na posição das linhas do Sódio, este metal deve existir na cromosfera solar.



Sobreposição das linhas do Sódio no espectro solar

Este avanço favoreceu muito a observação e análise dos espectros de um número muito elevado de estrelas, em diferentes estádios de evolução, permitindo com estes dados e o conhecimento das temperaturas das estrelas, as primeiras hipóteses sobre a evolução estelar.

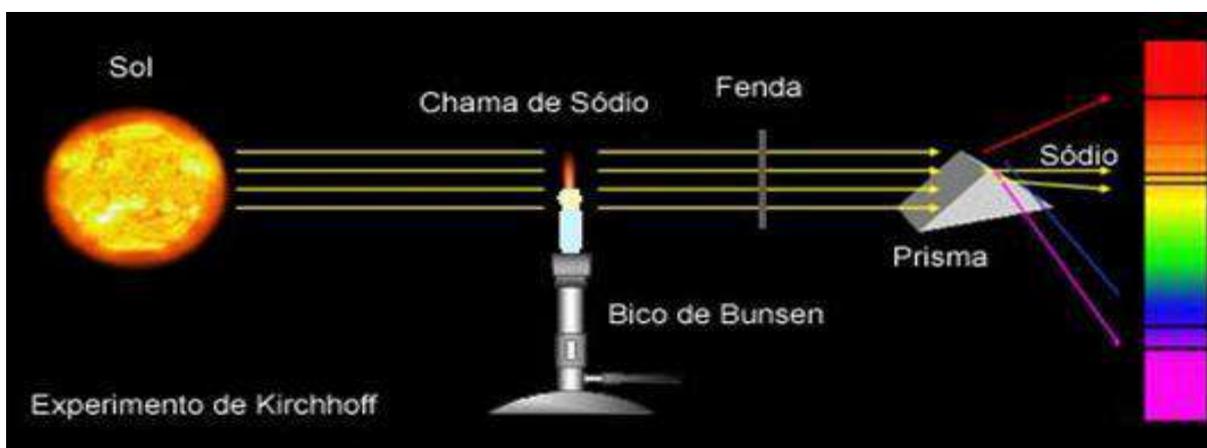
Assistiu-se, então, a uma verdadeira caça aos espectros estelares, o que obrigou a proceder a uma classificação dos espectros, assunto que não abordarei aqui. Atualmente os principais tipos espectrais são: no visível: O, B, A, F, G, K e M; para lá do azul: W; para lá do vermelho: S e C. Alguns destes tipos estão ainda subdivididos.

Leis de Kirchhoff

Mas voltando às linhas observadas por Kirchhoff e Bunsen havia um problema: eram brilhantes, ao contrário das linhas observadas por Fraunhofer, que eram escuras.

Então foram “investigar”: a ciência avança não só com as descobertas positivas, mas com os problemas, de que aqui temos um pequeno exemplo

Primeiro: resolveram confirmar se a linha escura "D" (sódio) de Fraunhofer era a mesma linha brilhante produzida pelo sódio no bico de Bunsen. Passaram a luz do Sol pela chama produzida pelo sódio, com a intenção de preencher de amarelo a linha escura "D" do Sol. Qual a sua surpresa, ao verificarem que a linha ficava ainda ficava ainda mais escura.

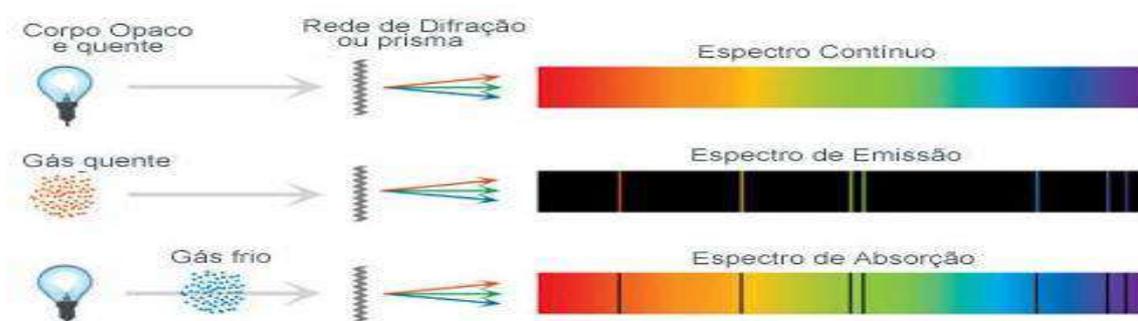


Experiência de Kirchhoff com a Linha D do Sódio (Na)

Segundo: Substituíram a luz solar pela de um sólido incandescente e passaram-na pelo vapor do sódio. Agora o espectro continha as mesmas linhas escuras D do espectro do Sol.

Terceiro: Depois de várias experiências, concluíram que o Sol só podia ser formado por de gás ou por um sólido quente envolto por um gás mais frio. Quarto: Kirchhoff, depois de muitas experiências, acabou por formular as três leis básicas da espectroscopia, as chamadas Leis de Kirchhoff:

1ª - Um corpo opaco quente, sólido, líquido ou gasoso, produz um espectro contínuo.
 2ª - Um gás quente produz um espectro de linhas brilhantes (“linhas de emissão”) correspondentes unicamente aos elementos químicos presentes no gás.
 3ª - Se a luz de um corpo (que produz espectro contínuo, conforme a 1ª lei) passar por um gás mais frio, aparecem linhas escuras (“linhas de absorção”), correspondentes unicamente aos elementos químicos presentes no gás.



Esquematização das Leis de Kirchhoff

Fonte: DIAS, J. Luz e Espectro. Ventos do Universo, 2012. Disponível em: < [http://ventosdo universo .blogspot.com/2012/02/](http://ventosdouniverso.blogspot.com/2012/02/)>.

ATIVIDADE SOBRE ESPECTROSCOPIA

1) Construção do Espectroscópio:

Vamos assistir o vídeo: Física Experimental IV – Espectroscópio Caseiro e ler o roteiro abaixo e construir dois espectroscópios. Para isso, vamos dividir a turma em dois grupos, para que cada grupo construa um espectroscópio demonstrados no vídeo e no roteiro.

Roteiro de construção do espectroscópio

Para construção do espectroscópio, serão necessários os seguintes materiais:

- Caixa de papelão
- Mídia CD ou DVD
- Papel cartão preto
- Fita isolante ou fita adesiva
- Estilete

Esses materiais podem ser encontrados em papelarias ou outros estabelecimentos comerciais. O tubo de papelão também pode ser obtido a partir de materiais recicláveis, tais como, uma caixa de pasta de dente, tubos de papel vegetal ou papel toalha, etc.

Montagem

Comece a montagem do seu espectroscópio retirando a película refletora da superfície do DVD ou CD. Para isso, utilize o estilete com cuidado, para fazer pequenos sulcos na superfície do disco. Em seguida, recorte alguns pedaços de fita isolante e cole na superfície do CD. Esfregue a fita isolante com a unha de modo que essa adira à superfície. Retire a fita isolante com cuidado, removendo a película refletora do CD.

Utilize a tesoura para recortar um pequeno pedaço do CD, de aproximadamente 1 x 2 cm. Será essa peça a nossa rede de difração. **Detalhe:** o recorte deve ser realizado o mais distante possível do centro do CD, a fim que consigamos obter um pedaço em que as trilhas sejam menos curvas, fazendo assim com que o pedaço de CD se comporte como uma rede de difração.

Recorte dois pedaços de papel cartão de dimensões iguais às das extremidades da caixa de pasta de dente. Utilize a fita isolante para fixar os pedaços nas extremidades da caixa. Em uma das extremidades, faça uma pequena abertura de dimensões 0,7 x 1,7 cm, no pedaço de papel cartão, utilizando estilete. Em seguida, usando fita isolante, fixe a rede de difração nesse local. As trilhas do CD, que farão o papel das fendas da rede de difração, devem ser posicionadas de modo que coincidam com a orientação da fenda. Do contrário, o espectro ficará bastante deformado. Na outra extremidade, utilizando estilete, faça uma pequena fenda, com largura de até 0,5 milímetro, e comprimento de 0,8 centímetros. **OU:** Uma alternativa ao estilete, que pode assegurar maior qualidade na imagem das linhas espectrais, é a montagem da fenda colando-se dois pedaços de fita isolante, bem próximos entre si e exatamente paralelos. Isso evitaria deformações no corte causadas pelo estilete.

Utilize o papel cartão e a fita isolante para revestir a superfície externa tubo de papelão. Seu espectroscópio está pronto!

Experimente seu espectroscópio apontando para alguns tipos de fontes luminosas. Lembre-se: você deve apontar a **fenda** do seu espectroscópio para a fonte de luz, e observar o espectro através da **rede de difração**, localizada no lado oposto do instrumento.

ATENÇÃO: Para observação do espectro da **luz solar**, direcione seu espectroscópio para uma região clara do ambiente (parede branca, nuvens, etc.). **NUNCA** aponte o espectroscópio em direção ao Sol, pois isso acarretará sérios danos à sua visão! Em caso de dúvidas quanto ao uso seguro do instrumento, solicite orientações ao seu professor.

Fonte: BARROS, L. G.; ASSIS, A.; LANGHI, R. **Proposta de construção de espectroscópio como alternativa para o ensino de Astronomia**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 1026-1046, dez. 2016.

2) Analisando os espectros:

Façam um passeio pela escola, escolha uma fonte de luz e a observe através do espectroscópio. A cada observação, preencha os dados na tabela abaixo, descrevendo a fonte de luz, o espectro observado (utilize lápis de cor) e as cores que se destacam no espectro. Depois responda as questões.

Use sua imaginação e seja um cientista!

Fonte de luz	Espectro observado	Cores que se destacam

- a) No nosso ambiente observamos várias fontes de luz, como por exemplo lâmpadas que emitem luz branca, todavia essa luz, mesmo sendo branca, não é igual entre elas e, também, não é como a luz do Sol. Por quê?

- b) Explique o que podemos conhecer de um objeto celeste por meio do seu espectro.

ANEXO 01

COMPARAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES DO SOL

Figura 28 - Representações do Sol da aluna Luz

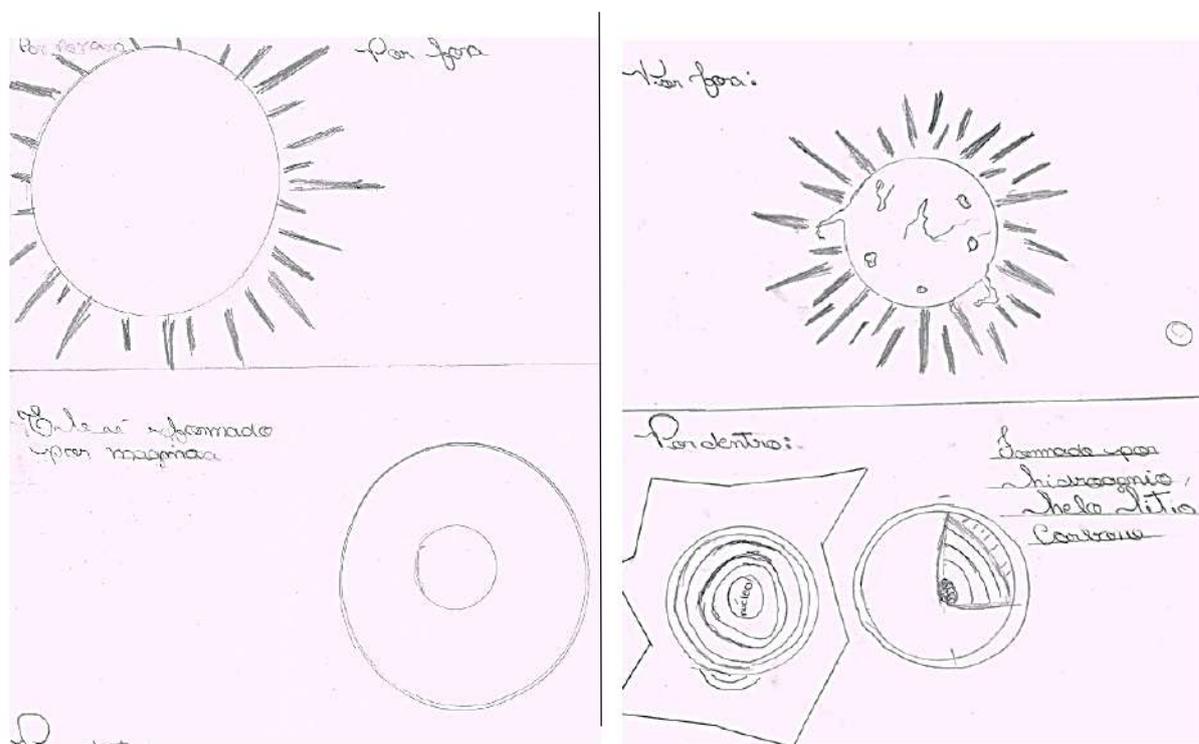


Figura 29 - Representações do Sol do aluno Sol

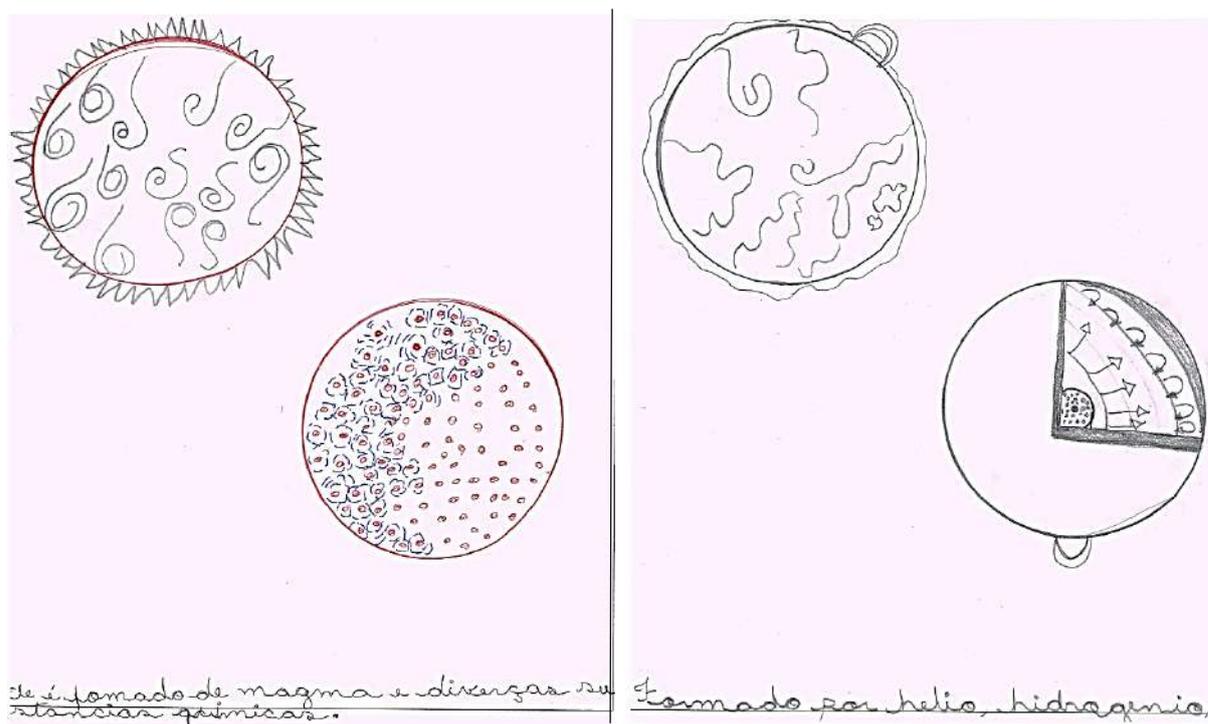


Figura 30 - Representações do Sol do aluno Marte

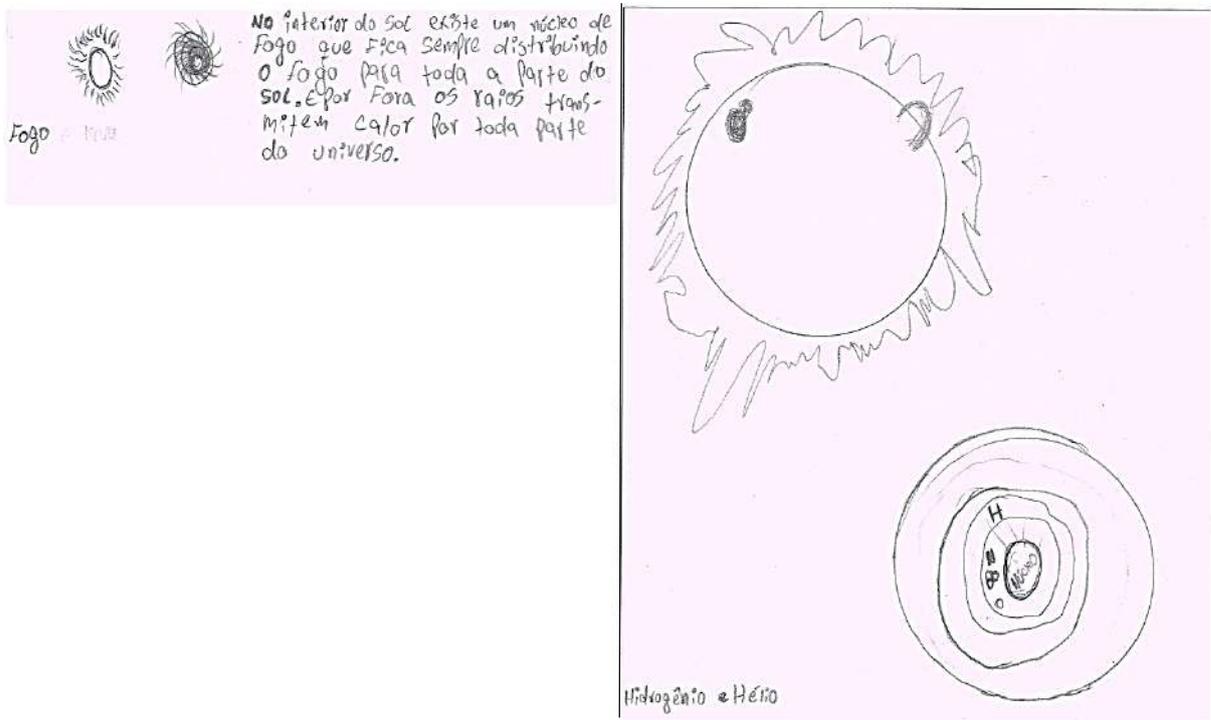


Figura 31 - Representações do Sol do aluno Urano

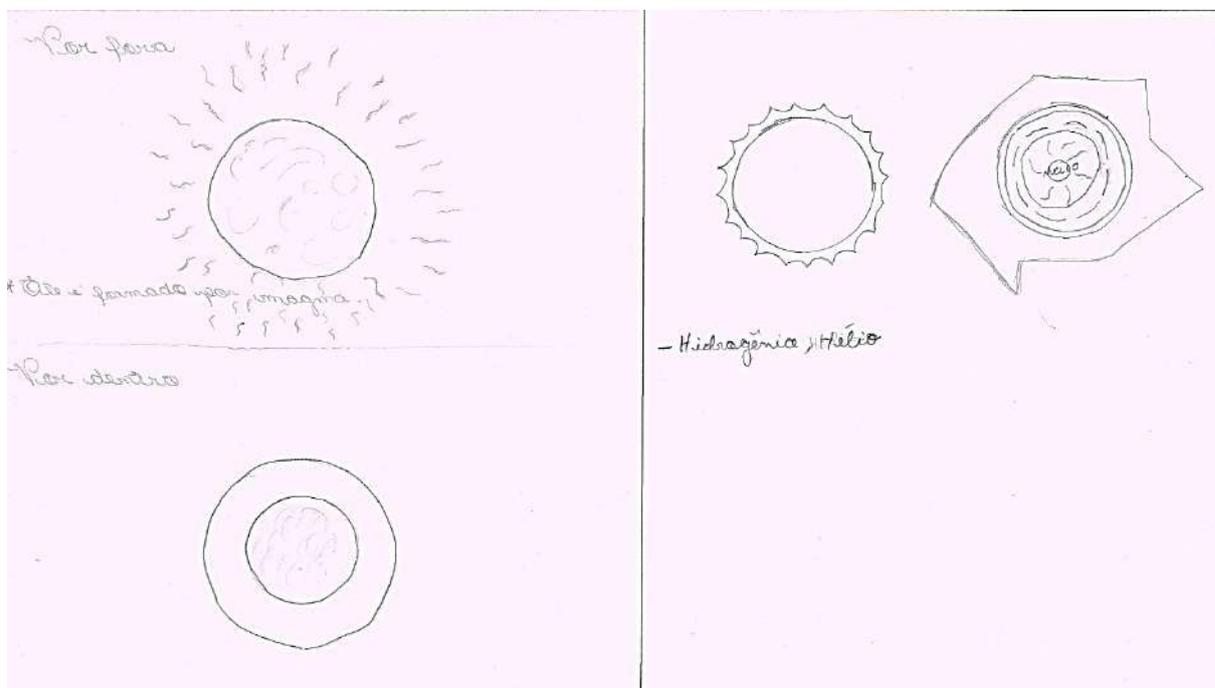


Figura 32 - Representações do Sol da aluna Terra

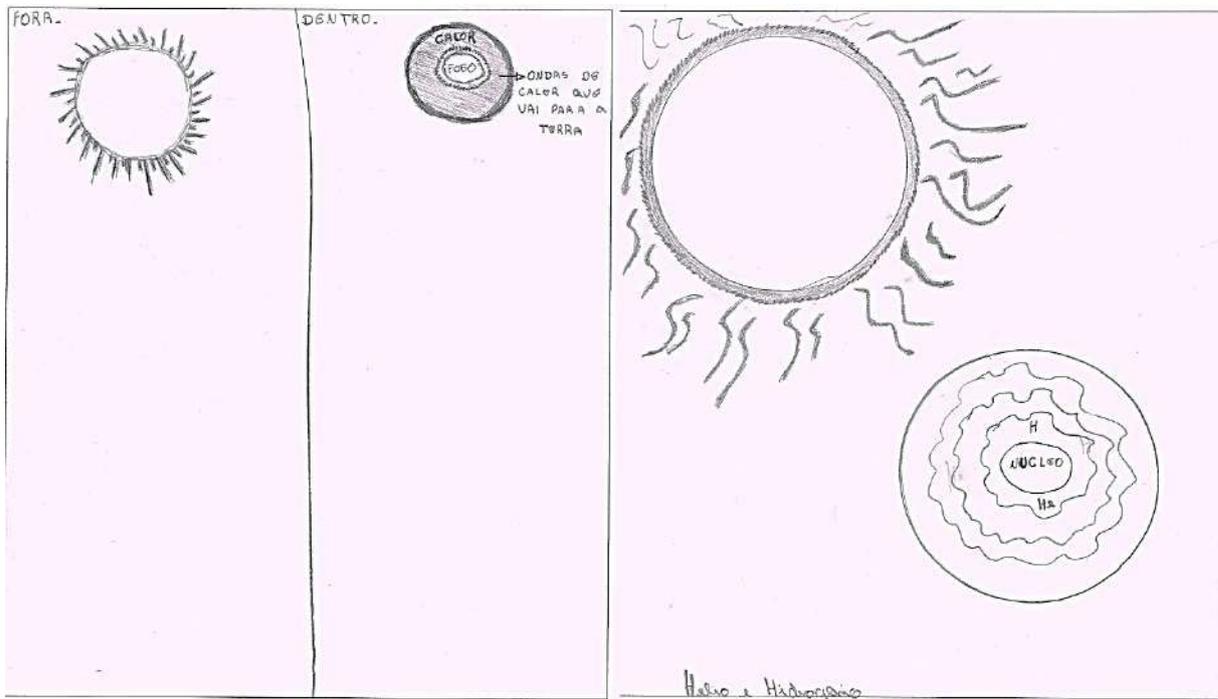


Figura 33 - Representações do Sol do aluno Netuno

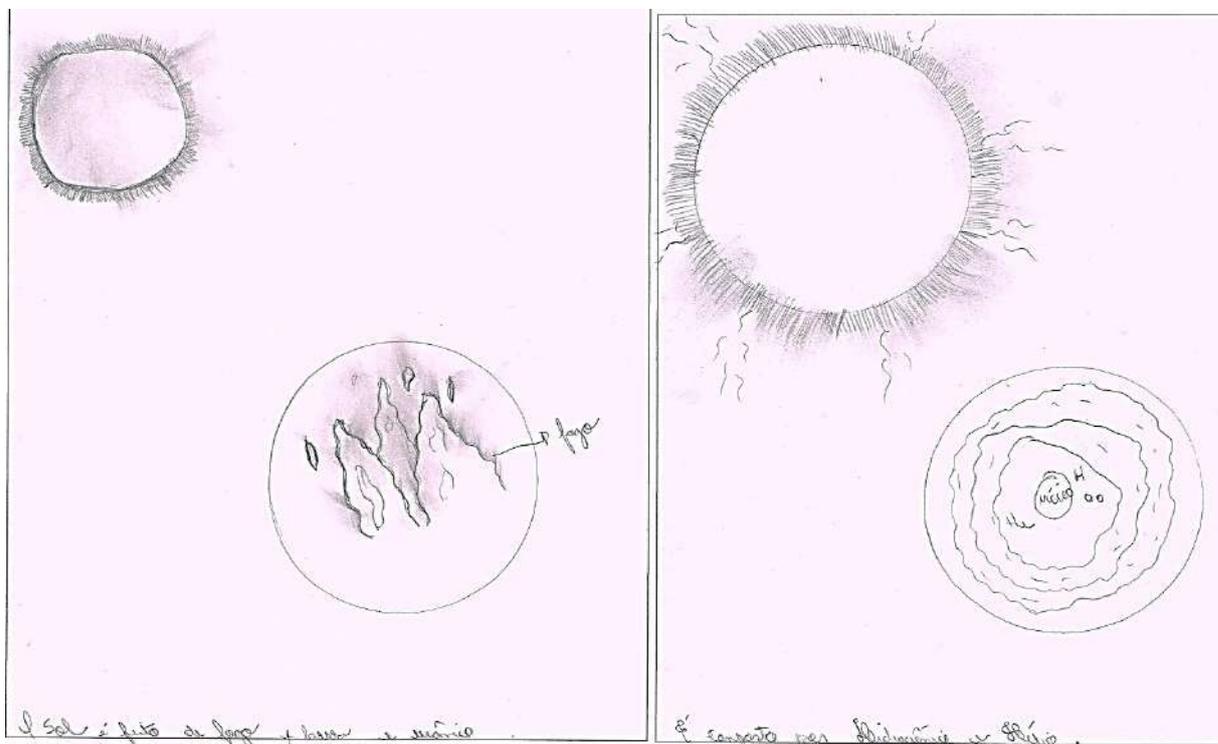


Figura 34 - Representações do Sol do aluno Júpiter



Figura 35 - Representações do Sol da aluna Galáxia

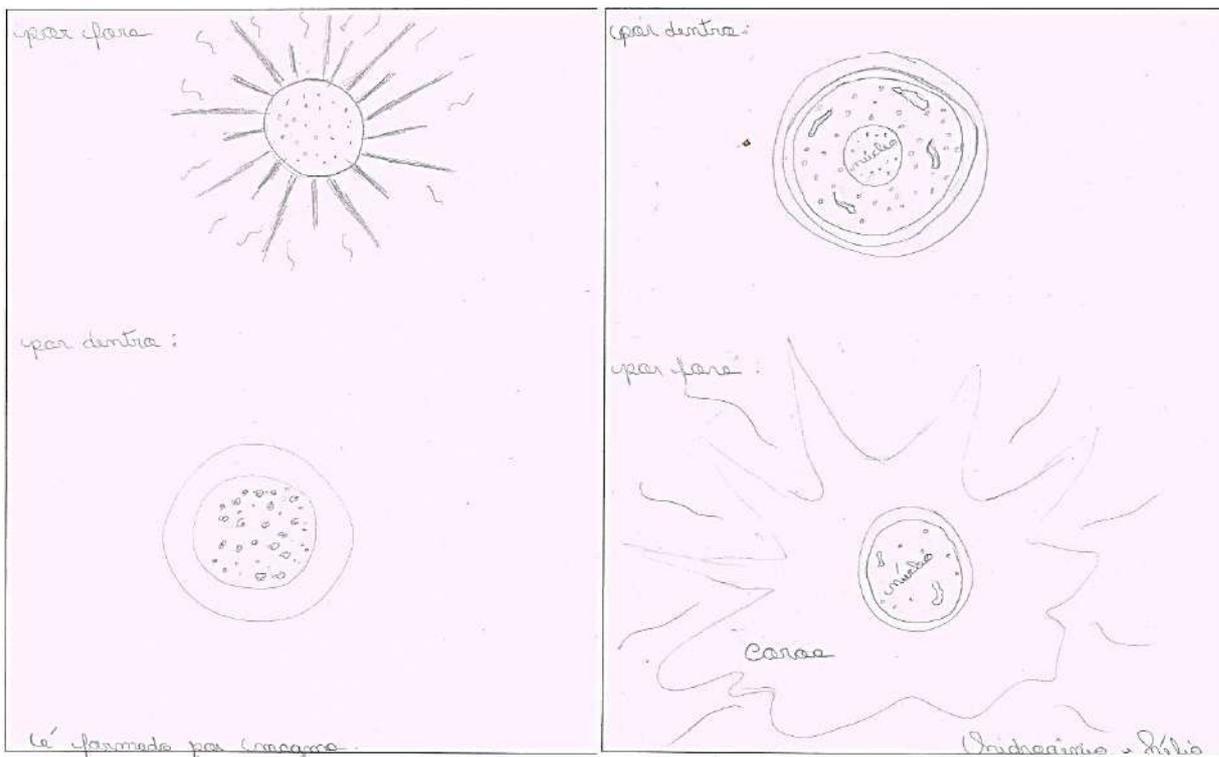


Figura 36 - Representações do Sol do aluno Cometa



Figura 37 - Representações do Sol da aluna Estrela

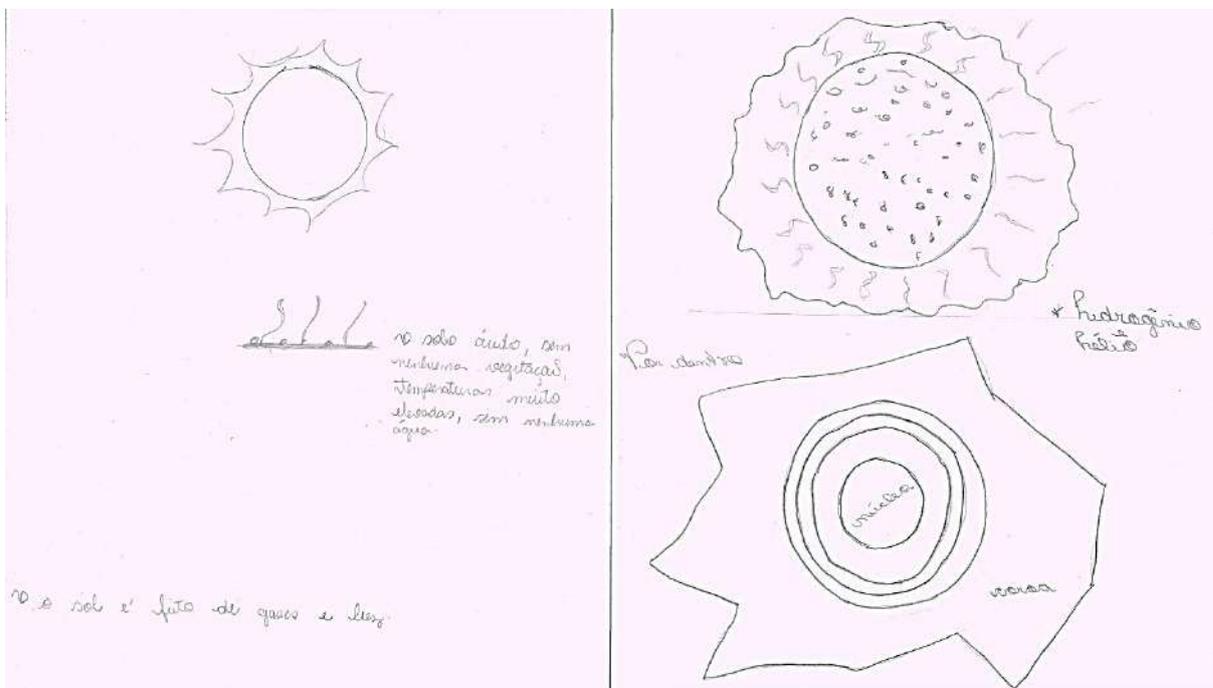
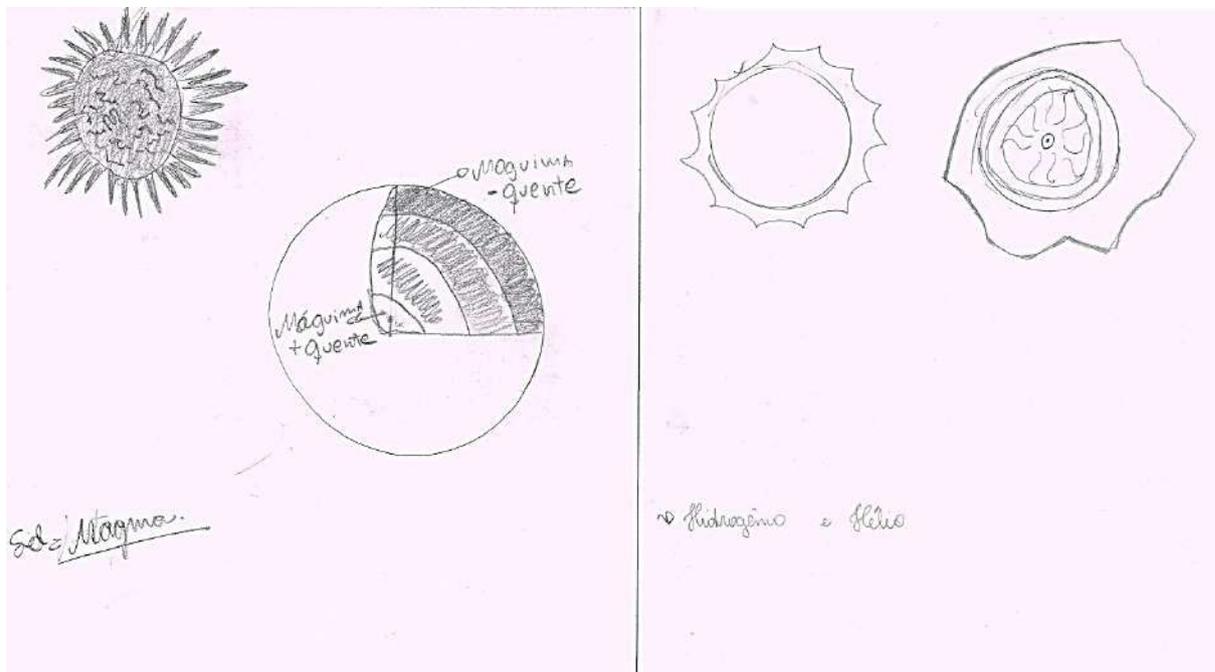


Figura 38 - Representações do Sol do aluno Saturno



ANEXO 02

REPRESENTAÇÕES DA ATIVIDADE SOBRE ENERGIA NUCLEAR

Figura 39 - Representação da Usina Nuclear - Grupo 01

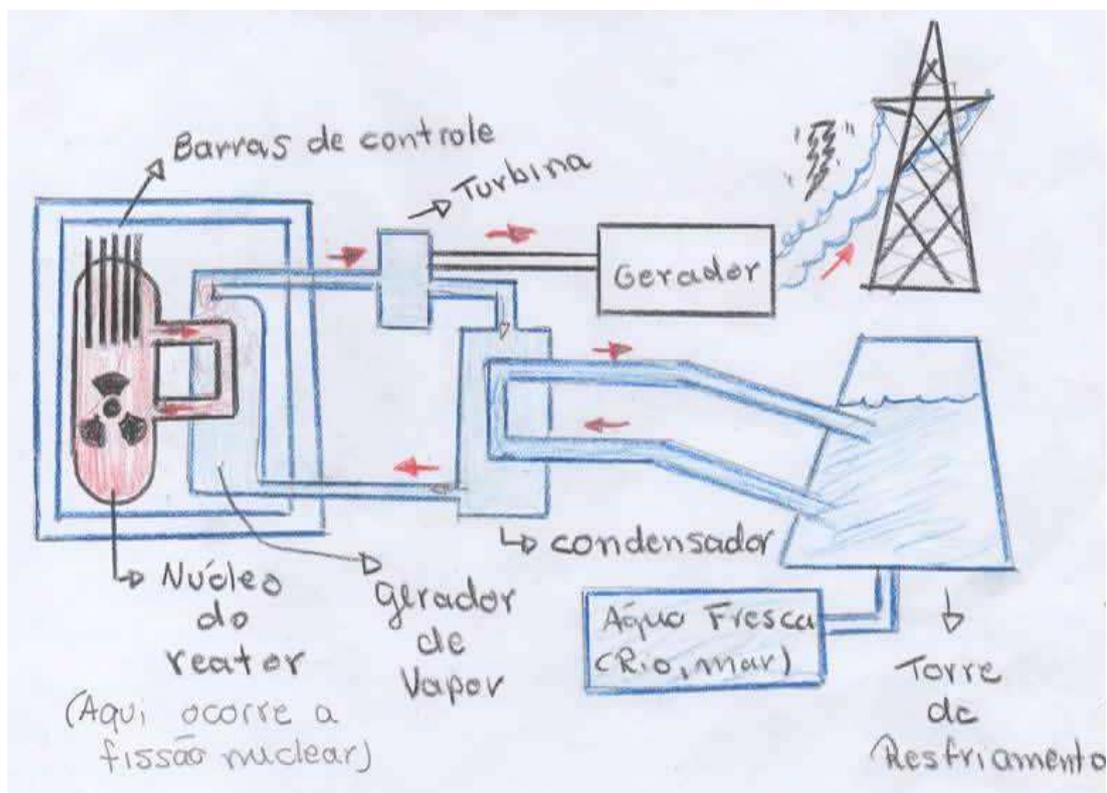


Figura 40 - Representação da Usina Nuclear - Grupo 2

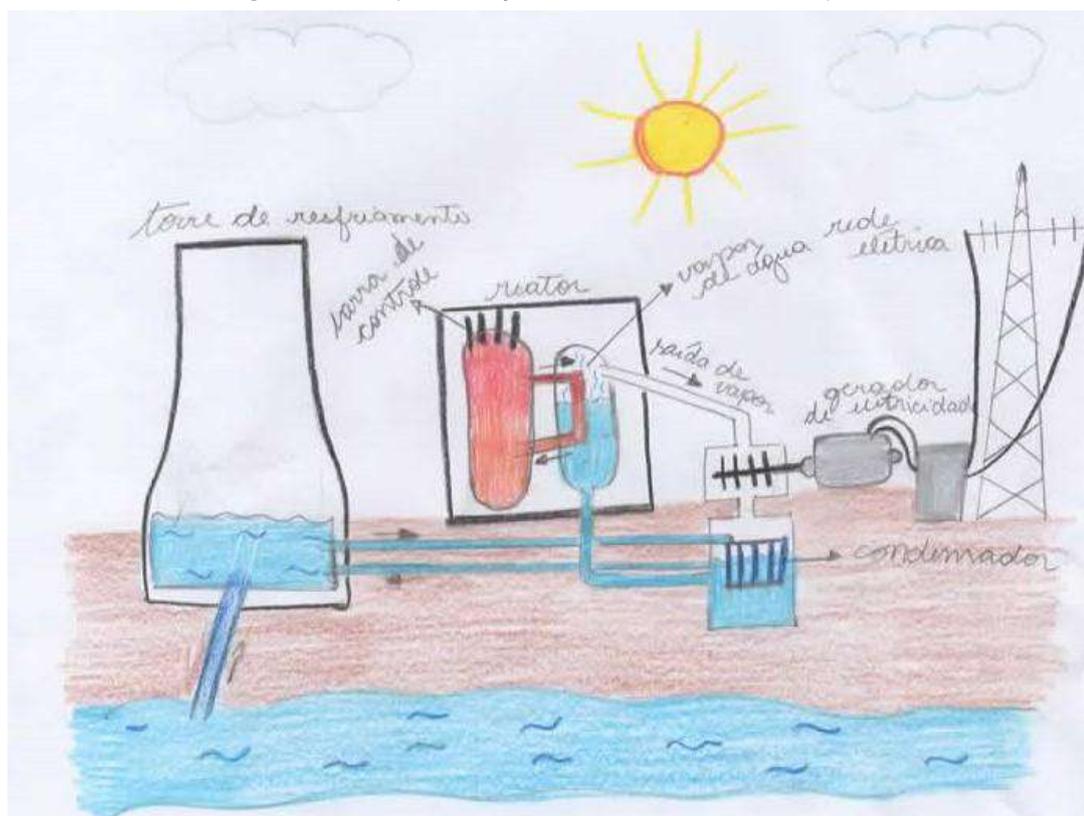


Figura 41 - Representação da Usina Nuclear - Grupo 3

