

Raul Isaias Campos

**INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA B: UMA
INVESTIGAÇÃO SOBRE O PROCESSO QUE ENVOLVE A
FENOMENOLOGIA E A MODELIZAÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica

Orientador: Prof. Dr. Frederico Firmo de Souza Cruz.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos.

Florianópolis – SC
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Campos, Raul Isaias
INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA B: UMA
INVESTIGAÇÃO SOBRE O PROCESSO QUE ENVOLVE A FENOMENOLOGIA
E A MODELIZAÇÃO / Raul Isaias Campos ; orientador, Dr.
Frederico Firmo de Souza Cruz ; coorientador, Dr. Paulo
José Sena dos Santos. - Florianópolis, SC, 2014.
165 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-
Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Instrumentação
para o ensino de física. 3. Fenomenologia. 4. Modelização.
5. Formação de professores. I. de Souza Cruz, Dr. Frederico
Firmo . II. dos Santos, Dr. Paulo José Sena. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Educação Científica e Tecnológica. IV. Título.

ATA da defesa

Em memória de minha mãe Cleide
Campos.

AGRADECIMENTOS

Um sonho sonhado sozinho
é um sonho. Um sonho
sonhado junto é realidade.
(Raul Seixas)

Esta pesquisa é fruto da colaboração e cooperação de várias pessoas. A todas, os meus agradecimentos. Ao meu pai Davi Isaias, que há algum tempo faz o papel de pai e mãe com muita garra e amor. Aos meus irmãos Paula, Lucas e a todos os meus familiares. A todos os meus amigos, em especial ao Chico e a Patrícia, que compreendem bem meus devaneios sem duvidar da minha normalidade mental. Aos amigos João Paulo, Ivan Carlos, Elizandro, Karline, Bruno, Mari Cordeiro e Juliana pelo auxílio dedicado ao longo deste trabalho. A Mariana Montanini, que esteve comigo nos momentos mais sombrios. Aos professores Paulo, Sônia, Custódio e Pinho e demais do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina, indispensáveis nesta etapa de minha vida. Aos professores do Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás que tiveram grande importância para minha formação inicial como professor e pesquisador. Ao professor Mikael por ter aceitado participar da banca de análise da dissertação. E, por último, e não menos importante, ao professor Fred, por todas as conversas e conselhos que ele me proporcionou durante minha pesquisa. Pelo grande homem, amigo e professor que é, eu agradeço.

Não se pode ensinar coisa alguma a alguém, pode-se apenas auxiliá-lo a descobrir por si mesmo.

(GALILEU GALILEI)

RESUMO

O conhecimento físico sobre o mundo é construído por meio de aproximações, abstrações e idealizações. Em um processo amplo e complexo, os fenômenos são explorados e estudados. Em contrapartida, no ensino de física, temos uma ausência desse processo, apresentando apenas os resultados de teorias e suas aplicações. Para evitar isso, o ensino de física deveria se desenvolver como um conjunto de competências capazes de abordar fenômenos naturais e tecnológicos, presentes em modelos estabelecidos histórico e socialmente pela ciência. Atualmente, a fim de cumprir com essa postura, existe, no curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a matéria denominada Instrumentação para o Ensino de Física (INSPE), que se divide em Instrumentação para o Ensino de Física A (INSPE A), Instrumentação para o Ensino de Física B (INSPE B), Instrumentação para o Ensino de Física C (INSPE C). Elas possuem como metas, num primeiro momento em INSPE A, propiciar aos licenciandos uma discussão de forma analítico-crítica sobre os principais trabalhos destinados à melhoria do ensino de física; posteriormente, em INSPE B e C, gerar a produção de um projeto temático (PT) que proporciona a exploração e o estudo de fenômenos complexos e realistas. A partir desse ambiente de formação de professores, nossa pesquisa objetiva investigar o processo de construção dos PTs no decorrer da disciplina de INSPE B pelos licenciandos de uma turma da sexta fase do curso de Licenciatura em Física da UFSC. Para isso, foi feita uma análise documental dos trabalhos desenvolvidos por eles durante a disciplina, dando ênfase ao processo que envolve a fenomenologia e a modelização. Mostraremos que as dificuldades e resistências apresentadas pelos grupos são manifestações de dois tipos: primeiro, devido ao fato de enfrentarem as mudanças nas tarefas e atividades que a disciplina propõe e, segundo, referentemente às que se enquadram numa “reversão ontológica”, na qual os objetos em estudo são substituídos por modelos, leis e teorias, muitas vezes sem dialogar com os fenômenos.

Palavras-chave: Instrumentação para o ensino de física. Fenomenologia. Modelização e formação de professores.

ABSTRACT

Physical knowledge of the world is built through approximations, abstractions, and idealizations. In a broad and complex process, phenomena are explored and studied. In contrast, physics teaching lacks that, only presenting the results of theories and their applications. To avoid it, physics teaching should be developed as a set of skills, enabling the approach to natural and technological phenomena present in models established historically and socially through science. Nowadays, in order to play this role, there is a subject called Instrumentation for Physics Teaching (INSPE), in the Physics Teaching Degree Course of Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), which is divided into Instrumentation for Physics Teaching A (INSPE A), Instrumentation for Physics Teaching B (INSPE B) and Instrumentation for Physics Teaching C (INSPE C). As goals, they maintain, at first, INSPE A to provide undergraduates an analytical and critical discussion about major works that aim at improving physics teaching; later, in INSPE B and C, to produce a thematic project (TP), which provides the exploration and study of complex and realistic phenomena. From that teacher education environment, our research aims to investigate the TPs construction process during INSPE B by undergraduates in a sixth semester class of the Physics Teaching Degree Course of UFSC. Hence, a documentary analysis was performed in the TPs, with emphasis on the process that involves phenomenology and modelling. We will show that the difficulties and resistances presented by them manifest in two different ways: first, due to the fact that they face changes in tasks and activities that the discipline proposes, and second, related to those that involve an "ontological reversal", in which objects studied are replaced by models, laws and theories, often without dialoguing with phenomena.

Keywords: Instrumentation for Physics Teaching. Phenomenology. Modelling and Teacher Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Boneco Primário de Efeito Estufa.	41
Figura 2 – Boneco Primário de Ondas Sísmicas.	42
Figura 3 - Espectro eletromagnético.	63
Figura 4 - Radiação solar.	64
Figura 5 - Balanço energético Sol/Terra.	65
Figura 6 - Balanço energético Terra.	66
Figura 7 - Fluxo de energia na Terra.	68
Figura 8 - Absorção da radiação pelos gases da atmosfera.	70
Figura 9 - Esquema para exploração das ondas sísmicas.	73
Figura 10 - Ondas primárias.	75
Figura 11 - Ondas secundárias.	75
Figura 12 - Tensões de cisalhamento.	76
Figura 13 - Ondas de superfície.	76
Figura 14 - Escala de Mercalli.	79
Figura 15 - Escala Richter.	81
Figura 16 – Radiação de Corpo Negro.	96
Figura 17 – Balanço energético.	98
Figura 18 – Balanço energético.	105
Figura 19 – Tipos de Ondas Sísmicas.	108
Figura 20 – Escala Sísmica.	136
Figura 21 - Boneco Primário de Fukushima.	163
Figura 22 – Boneco Primário de Raios Cósmicos.	164
Figura 23 - Boneco Primário de Radiação Solar.	165

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INSPE – Instrumentação para o Ensino de Física

PT – Projeto Temático

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

OC – Ondas Curtas

OL – Ondas Longas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	21
1 INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA B	31
1.1 ETAPAS CONTEMPLADAS NA DISCIPLINA.....	31
1.2 A DISCIPLINA DE INSPE B NO SEGUNDO SEMESTRE DE 2011.....	33
1.3 OS SUJEITOS QUE PARTICIPARAM DA DISCIPLINA	43
1.3.1 Licenciandos.....	43
1.3.2 Professor.....	44
1.3.3 Pesquisador	45
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	47
2.1 A FENOMENOLOGIA PARA A DISCIPLINA DE INSPE B... 48	
2.2 MODELOS E MODELIZAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA 52	
3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E MATERIAL DE REFERÊNCIA PARA ANÁLISE.....	59
3.1 PESQUISA QUALITATIVA	59
3.2 MATERIAL DE REFERÊNCIA PARA ANÁLISE DOS TRABALHOS DESENVOLVIDOS PELOS GRUPOS.....	62
3.2.1 Efeito Estufa.....	62
3.2.2 Ondas Sísmicas	73
4 ANÁLISE DOS DADOS	83
4.1 AS ETAPAS DESENVOLVIDAS PELOS LICENCIANDOS .. 83	
4.1.1 Descrição fenomenológica realizada pelos grupos.....	83
4.1.1.1 Grupo de Efeito Estufa.....	84
4.1.1.2 Grupo de Ondas Sísmicas	107
4.1.2 Escolha do recorte realizada pelos grupos.....	122
4.1.2.1 Grupo de Efeito Estufa.....	124
4.1.2.2 Grupo de Ondas Sísmicas	125
4.1.3 Modelização realizada pelos grupos.....	125
4.1.3.1 Grupo de Efeito Estufa	127
4.1.3.2 Grupo de Ondas Sísmicas	130
4.2 DIFICULDADES E RESISTÊNCIAS DOS GRUPOS	137
CONSIDERAÇÕES FINAIS	143
REFERÊNCIAS	147
APÊNDICE.....	153
ANEXO A.....	159
ANEXO B	163

INTRODUÇÃO

O conhecimento físico sobre o mundo é fruto de um longo processo de apreensão. Os fenômenos são observados¹, dissecados, descritos, interpretados e representados. A partir da análise deles e, por meio da criação ou utilização de modelos e teorias², desenvolve-se a construção do conhecimento científico.

O percurso de construção desse conhecimento pode se iniciar com uma descrição, destacando vários processos físicos envolvidos nos fenômenos. Procura-se evidenciar parâmetros relevantes e que estejam associados a um ponto central de investigação. Perguntas bem definidas são feitas, surgindo assim uma problematização.

Nesse processo, que busca uma interpretação para os fenômenos que nos cerca, é feita uma definição do objeto a ser investigado. Para isso, ferramentas como a abstração e a idealização³ são aplicadas, delimitando-se um recorte que contribui para um estudo mais aprofundado e para a precisão da pesquisa científica.

Já no ensino de física é comum observar somente a apresentação do resultado da construção desse conhecimento. (MACHADO, 2009; REZENDE JUNIOR, 2006). Temos um estudo voltado para os modelos e teorias da ciência, que são trabalhadas de maneira geral, enquanto os

¹ A observação mencionada neste trabalho não é tratada como uma observação neutra ou sendo atribuída apenas pela captação dos nossos sentidos, como tida por um *indutivista ingênuo*. A observação aqui dita é algo que depende da experiência, do conhecimento, das expectativas do observador, etc. (BUNGE, 2012; CHALMERS, 1993; FRENCH, 2009).

² Para um melhor entendimento sobre o papel das teorias e dos modelos científicos para a física, ver nota como apêndice.

³ Segundo Chakravarty (2001), abstração seria o ato de selecionar parâmetros relevantes dentro de um contexto, pois além de o número de fatores presentes em um fenômeno ser extremamente elevado, percebe-se também a influência de outros parâmetros de certa forma relevantes, mas que são negligenciados na construção do entendimento do fenômeno em determinada investigação, o que tornaria impraticável o desenvolvimento de um modelo preciso. Já a idealização funciona como ato de assumir determinados pressupostos que nunca poderiam ser obtidos, ou seja, simplificando a natureza dos parâmetros escolhidos. Como exemplo de idealização, temos a suposição da mecânica clássica em concentrar a massa de um corpo em um único ponto sem extensão, denominado ponto material.

fenômenos, que por sua particularidade são singulares, não são tratados como objetos de ensino. Percebe-se que para entender determinados fenômenos, os conceitos e processos físicos presentes neles são utilizados apenas com a intenção de exemplificar ou ilustrar uma teoria ou um modelo. (DAHLIN et al., 2009).

Segundo Dahlin et al. (2009), essa prática de ensino pode ser denominada de fetichismo ou fetiche teórico, pois o mundo é visto apenas à luz de abstrações e idealizações sobre a natureza, sem ao menos explicar como se chegam a elas. O entendimento sobre os conceitos e processos físicos envolvidos nos fenômenos ou uma simples discussão acerca das etapas desenvolvidas na construção do conhecimento científico são colocados de lado.

Para evitar essa postura, o ensino de física deveria desenvolver estratégias capazes de abordar fenômenos naturais e tecnológicos, no qual os modelos e as teorias ganhariam maior relevância, auxiliando na compreensão do objeto em estudo. Um passo importante para alcançarmos esse objetivo é a incorporação da fenomenologia e da modelização⁴ nos cursos de formação inicial de professores, pois proporcionaria aos licenciandos a apropriação do entendimento referente à natureza da ciência e iria capacitá-los, por meio da interpretação de fenômenos e de modelos, a analisar situações físicas referentes aos aspectos específicos, sociais e históricos da mesma. (MACHADO, 2009; REZENDE JUNIOR, 2006).

No curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a disciplina denominada Instrumentação para o Ensino de Física (INSPE), que se divide em três - Instrumentação para o Ensino de Física A (INSPE A); Instrumentação para o Ensino de Física B (INSPE B); Instrumentação para o Ensino de Física C (INSPE C) - visa atualmente a cumprir com essa perspectiva.

Diferentemente de outras universidades brasileiras que também possuem a disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física em seu quadro curricular⁵, na UFSC ela tem objetivos e metodologias de ensino

⁴ A fenomenologia é aqui tratada como o estudo e a exploração de fenômenos naturais e tecnológicos. Já a modelização é o ato de construir e utilizar modelos para uma melhor compreensão dos fenômenos. (HESTENES, 1996). A partir de nosso referencial teórico, no segundo capítulo deste trabalho, iremos definir melhor esses termos.

⁵ No curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), por exemplo, a disciplina divide-se em duas, Instrumentação para o Ensino de Física (EPEF) 1 e 2. Essas possuem o objetivo de trabalhar os

que proporcionam aos licenciandos em Física uma experiência completa de uma proposta e aplicação didática inovadora.

Em INSPE A, o objetivo é discutir de forma analítico-crítica os principais trabalhos destinados à melhoria do ensino de física nas últimas décadas. (DEPARTAMENTO DE FÍSICA/UFSC, 2007). Alguns projetos de ensino de física nacionais e internacionais já desenvolvidos - PSSC, Projeto de Ensino de Física (PEF), Harvard Physics Project, etc. - são expostos e, em seguida, passa-se a discutir as novas linhas de pesquisa em ensino, como concepções alternativas, CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), modelos, modelização e a influência da didática francesa no Ensino de Ciências. (DEVEGILI, 2012; MACHADO, 2009). A ideia é que a disciplina forneça uma base para os licenciandos pensarem e refletirem os diversos enfoques existentes na área de pesquisa em Ensino de Física e que possam auxiliá-los posteriormente nas disciplinas de INSPE B e C.

Em INSPE B e C, o objetivo é o desenvolvimento de projetos temáticos (PTs) e de um minicurso de 8 horas/aula para alunos do Ensino Médio, explorando e tratando temas complexos e realistas. Nesse processo, as disciplinas visam aproximar a fenomenologia e a

conteúdos de física dos ensinos Fundamental e Médio, na perspectiva das metodologias e das tecnologias de ensino, com vistas à sua aplicação em sala de aula. A disciplina de EPEF 1 promove tarefas relacionadas à familiarização com materiais didáticos disponíveis comercialmente; à utilização de laboratórios, de recursos de informática e de vídeos; às formas de comunicação em sala de aula; ao uso de ferramentas básicas para a montagem de atividades didáticas simples; às atividades extraclasse; ao aproveitamento de espaços especiais, como museus interativos e métodos de avaliação diagnóstica, formativa e somativa. Já a disciplina de EPEF 2 se desenvolve em torno de um conjunto de atividades e práticas relacionadas diretamente à preparação de aulas. Cada atividade corresponde à elaboração de um plano de aula, que envolve a seleção do tema específico, análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais, a escolha do livro-texto e da bibliografia complementar, o preparo de material didático e o método de avaliação. Cada licenciando recebe um conjunto de temas para serem desenvolvidos ao longo do semestre, sendo que, no final do curso, cada um terá desenvolvido um plano de aula em cada uma das áreas da física e utilizado um livro-texto diferente em cada projeto. Ao final de cada projeto, o aluno tem ainda um prazo de uma semana para a apresentação de um relatório sob a forma de um plano de aula comentado. (AMORIM; BARROS, 2008). Para mais exemplos de universidades que possuem em sua grade curricular a matéria de Instrumentação para o Ensino de Física, ver o segundo capítulo da dissertação de mestrado de Da Silva (2002).

modelização do ensino; apresentar as relações entre a Física e suas implicações sociais, culturais e econômicas e promover a experiência na elaboração de um material didático.

Nessas disciplinas, cria-se uma situação didática diferenciada. (DE SOUZA CRUZ et al., 2005). Os licenciandos são levados, por meio da elaboração dos PTs, ao desafio de, numa primeira fase (INSPE B), compreender, interpretar e representar fenômenos complexos e realistas e, numa segunda fase (INSPE C), transpô-los didaticamente para estudantes do Ensino Médio.

Em INSPE B, em um primeiro momento, com o intuito de elucidar para os licenciandos as principais etapas contempladas na disciplina, o professor faz a exposição de dois exemplares que apresentam similaridades com os temas que serão tratados por eles. Em seguida, grupos são formados e algumas temáticas do cotidiano, predefinidas pelo professor, são direcionadas a eles mediante sorteio. Feito isso, inicia-se o processo de construção do PT de INSPE B.

O desenvolvimento desse trabalho tem a seguinte organicidade: primeiramente, temos uma exploração do tema. Trata-se de uma familiarização com o fenômeno, na qual alguns conceitos e processos físicos envolvidos devem ser reconhecidos pelos licenciandos. Neste momento, espera-se que os grupos construam uma trama articulada sobre a temática, cujos aspectos relevantes associados aos fenômenos em estudo sejam devidamente colocados. É também um momento de problematização, pois perguntas devem ser feitas por eles a fim de nortear o estudo sobre a temática. Essas questões, quando trabalhadas, podem trazer uma explicação e um conhecimento geral sobre o tema. Com isso, espera-se que, nesse início de trabalho, os licenciandos façam uma descrição global do fenômeno em análise.

Em seguida, os grupos buscam fazer certo recorte no tema. Visto a complexidade de se tratar o fenômeno como um todo, eles precisam elencar parâmetros relevantes, cujo estudo seja de seu interesse. Neste ponto, os licenciandos definem o que vai ser aprofundado e os aspectos que terão no projeto um tratamento mais informativo. Dessa forma, eles estabelecem critérios de seleção para suas escolhas e apresentam suas justificativas. Feito isso, os grupos partem para a construção de modelos ou da utilização de modelos e/ou teorias científicas, visando elaborar um quadro explicativo sobre determinado aspecto da temática. Esses processos de desenvolvimento do trabalho podem ser divididos em três

etapas: descrição fenomenológica⁶, escolha do recorte e modelização. Estas serão mais bem explicitadas no primeiro capítulo desta dissertação.

Ao final dessas etapas, espera-se que os grupos apresentem um PT que possua um nível de profundidade conceitual compatível com o Ensino Superior, pois esse trabalho servirá de subsídio para a construção de um material destinado ao professor de Ensino Médio e também servirá de base para a construção e aplicação de um minicurso em INSPE C. Além disso, cada grupo apresenta dois seminários, um na metade do curso, com objetivo de relatar aos colegas o trabalho já desenvolvido, e outro ao final, apresentando a consolidação do PT e de possíveis estratégias que utilizarão no semestre seguinte.

A disciplina de INSPE C é essencialmente uma fase de transposição didática do tema para o Ensino Médio, em que os licenciandos dão continuidade ao trabalho desenvolvido em INSPE B. Eles redefinem o PT e também elaboram um material voltado ao professor do Ensino Médio, contendo dados relevantes do trabalho, como os principais conceitos e processos físicos presentes nos fenômenos em estudo e estratégias para a implementação da temática. No final da disciplina, os grupos ainda realizam um minicurso de 8 horas/aula para estudantes de escolas vizinhas à universidade sobre o tema que foi estudado e explorado nos dois semestres, apresentando experimentos, simulações e escolhas de abordagens didáticas, como CTS, Interdisciplinariedade, História da Física, etc. (DEVEGILI, 2012).

Essas três disciplinas (INSPE A, B e C) são ministradas após as disciplinas do ciclo básico, que contém matérias específicas e pedagógicas. Dessa forma, a INSPE tem como objetivo fazer o vínculo entre essas matérias. A ideia é preparar os licenciandos para tratar questões práticas envolvidas com o ensino de conteúdos específicos. Espera-se, com isso, que eles tenham uma base conceitual estabelecida para enfrentar atividades como o desenvolvimento e aplicação do PT. (REZENDE JUNIOR, 2006).

Ao enfrentar os desafios que as INSPEs propõem, como a mobilização de conhecimentos anteriores, a exploração de fenômenos, tomadas de decisões e estabelecimento de critérios de seleção, os

⁶ A análise da primeira etapa de INSPE B foi apresentada no IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, com o título: Reversão ontológica e o enfoque fenomenológico numa disciplina de “Instrumentação para o Ensino de Física”. (CAMPOS et al., 2013).

licenciandos apresentam dificuldades e resistências⁷ no desenvolvimento das atividades. Na busca de romper com esses desafios, as disciplinas criam uma situação extremamente rica para analisarmos o desenvolvimento dos licenciandos diante de uma situação que envolve o estudo e a exploração de fenômenos complexos e realistas. (REZENDE JUNIOR, 2006). Isso possibilita-os desenvolver competências que envolvam um aprimoramento do conhecimento conceitual sobre determinado tema e o desenvolvimento de um senso crítico, capaz de analisar, explorar e fazer escolhas em suas investigações. (MACHADO, 2009).

A ligação dessa estrutura presente em INSPE com o processo de conceitualização já foi objeto de duas pesquisas. Primeiramente, Rezende Junior (2006), que em sua tese de doutoramento buscou fazer uma análise da tradição do ensino de física e das situações didáticas à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud⁸. Em seu trabalho, o autor mostra que, em contextos específicos, como temas de Física Moderna e Contemporânea, essa tradição pode criar obstáculos para a formação de professores e em suas futuras atividades profissionais. Em seguida, o trabalho debate e argumenta como as disciplinas de INSPE B e C podem se constituir como situações didáticas diferenciadas que possibilitam o desenvolvimento e a análise

⁷ Neste trabalho, o termo resistência será tratado como algo maior que uma dificuldade. De acordo com o Dicionário Houaiss (HOUAISS et al., 2001), podemos entender resistência como algo duradouro, que possui certa obstinação a mudanças. Já o termo dificuldade, de acordo com esse mesmo dicionário, pode ser entendido como algo que provoca complicações, mas que podem ser mais facilmente sanadas.

⁸ Segundo a teoria de Campos Conceituais de Vergnaud, a definição de conceito se dá por meio de três conjuntos: $C = \{S, I, R\}$. Para o ensino de física, De Souza Cruz et al. (2005) define: “[S]: conjunto de situações (problemas, questões, fenômenos que necessitam [de] explicação e cujo enfrentamento exige a utilização ou criação de um ou mais conceitos, trazendo à tona o seu significado e ou aplicabilidade); [I]: o invariante, o esquema de articulação dos conceitos, (trama conceitual) fornece a ligação e visualização da dinamicidade entre os conceitos. Seu domínio possibilita a utilização dos mesmos no enfrentamento de situações diversas, isto é, na estruturação de esquemas. Também podem ser obstáculos quando confrontados com {S}. Estes invariantes fazem parte do conhecimento prévio ou conhecimento estabelecido; [R]: formalização ou representação simbólica. Conjunto das formas.” Sendo que o processo de aprendizagem exige uma inseparabilidade da tripla $\{S, I, R\}$.

do processo de conceitualização de licenciandos em Física. Como as atividades solicitadas nas disciplinas fogem das tradicionais tarefas de listas de exercícios e resolução de problemas, os licenciandos são levados a uma dinâmica que se aproxima da concepção de Vergnaud sobre o processo de conceitualização. Como resultado, a pesquisa mostra que houve um ganho significativo por parte deles tanto em aspectos conceituais do conhecimento físico, como nos processos de ensino, didático e metodológico.

Mais recentemente, em uma dissertação de mestrado, Devegili (2012) buscou analisar a possibilidade de uma ressignificação conceitual durante a elaboração dos PTs nas disciplinas de INSPE B e C, sendo essa ressignificação uma redefinição do significado atribuído ao conceito científico pelos licenciandos. Para tanto, a pesquisa foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, com o intuito de mapear a possibilidade de ressignificação conceitual, foi feita uma leitura do produto do Projeto Temático de INSPE B (material escrito em INSPE C e denominado como Unidade de Ensino). Já, na segunda etapa, foram traçadas categorias empíricas fundamentadas na análise de conteúdo com a finalidade de verificar uma mudança nas argumentações sobre conceitos físicos de ondulatória entre os licenciandos das disciplinas. Pelo resultado obtido, verificou-se que alguns avanços na aprendizagem deles, relativos aos conceitos físicos e os processos inerentes às disciplinas, como o de modelização, proporcionaram uma maior autonomia na construção de seus modelos sobre alguns fenômenos.

Já Machado (2009), em sua dissertação de mestrado, buscou outro enfoque para sua pesquisa. O foco foi sobre o processo de modelização. Neste trabalho, a autora investigou o entendimento sobre os conceitos de modelo e modelização admitidos pelos licenciandos que participaram da disciplina de INSPE B, por meio da análise de conteúdo dos PTs e da aplicação de questionários a um grupo de sujeitos da pesquisa. O resultado foi a constatação de que as atividades propostas na disciplina promoveram um espaço privilegiado para desenvolver e compreender esses conceitos, apontando, também, que o principal resultado de seu trabalho foi diagnosticar uma grande variedade de entendimentos sobre esses por parte dos licenciandos que participaram da disciplina.

Outro ponto que também já foi objeto de pesquisa foi feito por Da Silva (2002)⁹. Em sua dissertação de mestrado, a autora teve por

⁹ Na época em que foram feitas as pesquisas de Da Silva (2002), Rezende Junior (2006) e Machado (2009), as disciplinas de INSPE B e C tinham um

objetivo identificar o papel, a importância e as implicações das disciplinas de INSPE A, B e C na formação do licenciando em Física. Para isso, a pesquisadora optou por uma pesquisa com enfoque qualitativo, na qual utilizou como ferramentas para a retirada de dados as observações em sala de aula e a aplicação de questionário e entrevistas. Os resultados dessa investigação mostraram que as Instrumentações podem proporcionar ao licenciando: uma preparação adequada para a disciplina de Prática de Ensino (disciplina oferecida posteriormente à INSPE); as disciplinas estão de acordo com as demandas atuais para o ensino de física no Ensino Médio (sugeridas nos Parâmetros Curriculares Nacionais e nas Diretrizes para a Formação de Professores da Educação Básica em Curso Superior) e oferecem subsídios para a preparação de um futuro professor pesquisador.

E é nesse contexto de formação inicial de professores, e que se tornou ao longo dos anos foco de algumas pesquisas, que o presente trabalho se enquadra, objetivando investigar o processo de construção dos PTs no decorrer da disciplina de INSPE B pelos licenciandos de uma turma da sexta fase do curso de licenciatura em Física da UFSC. As questões norteadoras são: Como os licenciandos desenvolvem as atividades propostas ao longo das três etapas contempladas na disciplina de INSPE B? Quais as dificuldades e resistências que eles apresentam nesse processo?

Sendo assim, são assumidos os seguintes objetivos específicos:

- construir um material de referência para análise dos trabalhos desenvolvidos pelos licenciandos;
- analisar o desenvolvimento dos trabalhos elaborados pelos grupos em cada etapa de INSPE B;
- identificar as dificuldades e resistências apresentadas por eles no decorrer da disciplina.

Nossa intenção é complementar as pesquisas já feitas, trazendo agora para o centro de investigação, além da modelização, aspectos

formato diferente do atual. Em INSPE B, os licenciandos construíam um Projeto Temático com algum conteúdo de física do Ensino Médio e, em INSPE C, eles aplicavam esse projeto em uma unidade de ensino de física para turmas-piloto da comunidade. A grande diferença é que, atualmente, os PTs são desenvolvidos, num primeiro momento em INSPE B, com um nível de exigência para o Ensino Superior, ou seja, espera-se que tenham um caráter conceitual mais profundo, sendo que, em INSPE C, esse trabalho passa por uma transposição didática para se adequar a um novo público, que são alunos do Ensino Médio.

relacionados à fenomenologia. Com esse enfoque, que já foi apontado por Rezende Junior (2006), buscaremos entender o estudo dos fenômenos trabalhados na disciplina de INSPE B.

Nosso trabalho é apresentado da seguinte forma: após essas considerações iniciais, no primeiro capítulo, pretendemos situar o ambiente e o contexto de nossa pesquisa. Na primeira seção, apresentaremos as etapas contempladas na disciplina de INSPE B, que são divididas em três: descrição fenomenológica, escolha do recorte e modelização. Nossa pretensão com essa primeira seção é de definir as etapas e elencar os aspectos relevantes de cada uma. Em seguida, na segunda seção, faremos uma descrição da disciplina de INSPE B da UFSC ocorrida no segundo semestre do ano de 2011. Apresentaremos as atividades realizadas pelos licenciandos e as estratégias desenvolvidas pelo professor para a condução da disciplina. Posteriormente, na terceira seção, iremos destacar os sujeitos que participaram da disciplina e que são importantes para nossa pesquisa: o professor, que será definido como professor-orientador; os licenciandos de dois grupos, Efeito Estufa e Ondas Sísmicas, no qual buscaremos justificar essa escolha, e o pesquisador, que será classificado como pesquisador-observador.

No segundo capítulo, de fundamentação teórica, será ressaltado o papel da fenomenologia, dos modelos e da modelização para o ensino de física. Na primeira seção, iremos definir a acepção de fenomenologia que é tratada nesta dissertação e, em seguida, com base em nosso referencial, mostraremos que o estudo de fenômenos não aparece de maneira relevante no ensino de física, pois tradicionalmente estudam-se os modelos e teorias da ciência, tratando-os apenas como ilustrações dos fenômenos. (DAHLIN et al., 2009). Posteriormente, na seção seguinte, apontaremos o papel dos modelos e da modelização para o ensino e para a disciplina de INSPE B.

No terceiro capítulo, iremos caracterizar nossa pesquisa e apresentar um material de referência que construímos para a análise dos trabalhos desenvolvidos pelos grupos de Efeito Estufa e Ondas Sísmicas. Na primeira seção, classificaremos nossa pesquisa como sendo qualitativa e, a partir de um referencial teórico, justificaremos a razão desse enquadramento. Em seguida, na segunda seção, apresentaremos o material de referência, que constitui uma ferramenta essencial para nossa pesquisa, pois além de conter as principais etapas que esperávamos que os grupos realizassem, serve também como objeto para análise dos trabalhos desenvolvidos por eles.

No quarto e último capítulo, faremos a análise dos dados. Na primeira seção, analisaremos o processo de elaboração dos PTs

realizado pelos dois grupos em cada etapa da disciplina. Para isso, faremos uma análise documental dos diários e PTs desenvolvidos por eles. Já na segunda seção, classificaremos as dificuldades e resistências apresentadas pelos grupos ao elaborarem seus trabalhos. Apontaremos que estas se manifestam em dois tipos: primeiro, dificuldades e resistências que surgem ao enfrentarem as mudanças das tarefas e atividades que a disciplina propõe e, segundo, dificuldades e resistências que se enquadram em uma “reversão ontológica”, em que os objetos em estudo são substituídos por modelos, leis e teorias, muitas vezes sem dialogar com os fenômenos.

Encerraremos o trabalho tecendo nossas considerações finais.

1 INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA B

Neste capítulo, pretendemos situar o contexto e o ambiente da nossa pesquisa. A disciplina de INSPE B foi desenvolvida com uma carga horária de 72 horas, distribuídas em 36 encontros, sendo dois encontros por semana. Na primeira seção, apontaremos os detalhes das três etapas contempladas na disciplina, descrição fenomenológica, escolha do recorte e modelização.

Em seguida, na segunda seção, faremos uma descrição da disciplina ministrada no segundo semestre do ano de 2011, com isso apresentaremos as atividades cumpridas pelos licenciandos e as estratégias de ensino utilizadas pelo professor durante o semestre.

Por último, na terceira seção deste capítulo, iremos apresentar os sujeitos que participaram da disciplina de INSPE B - os licenciandos, o professor e o pesquisador. Nossa intenção é caracterizar melhor os sujeitos e os papéis desempenhados por eles no cenário investigado. Além disso, iremos apresentar as razões para a escolha dos grupos de Efeito Estufa e de Ondas Sísmicas para nossa análise, que será apresentada no capítulo 4.

1.1 ETAPAS CONTEMPLADAS NA DISCIPLINA

A disciplina de INSPE B tem como principal objetivo aproximar a fenomenologia e a modelização do ensino de física. Os licenciandos, em grupos de no máximo três, recebem temas envolvendo fenômenos complexos e realistas, tais como: Efeito Estufa, Furacões, Forno de Micro-ondas, Raios Cósmicos, Terremotos etc. Esses temas englobam fenômenos naturais e tecnológicos, incorporam diversos conceitos e processos físicos e proporcionam uma exploração significativa da Física e de sua relação com o social, o cultural e o econômico.

Podemos dividir a disciplina em três etapas: descrição fenomenológica, escolha do recorte e modelização. A primeira etapa corresponde a um reconhecimento da temática, uma tradução dos fenômenos em termos de conceitos e processos físicos envolvidos, no qual os licenciandos podem reconhecê-los nos processos naturais e tecnológicos presentes no tema. Essa descrição não é apenas uma listagem, mas também a descoberta de uma trama, isto é, a percepção de relações e das cadeias de eventos e processos associados ao assunto em estudo. Essa descrição estabelece uma base para a formulação de possíveis problemas de investigação.

Dessa forma, trata-se de uma etapa de problematização, na qual perguntas podem ser feitas pelos grupos com a intenção de que estas possam guiá-los no percurso para a compreensão dos temas. Nesse processo, criam-se certos critérios de seleção que auxiliam o desenvolvimento das investigações sobre as temáticas, e em que se tem uma busca inicial por parâmetros relevantes dos fenômenos em estudo. Sendo assim, esse trabalho inicial não necessita ser uma explicação completa sobre o tema, mas sim um apontamento inicial de aspectos importantes e um levantamento de questões.

Na segunda etapa, temos a escolha do recorte. Como as temáticas são bastante amplas, torna-se necessário escolher um foco para ser aprofundado. Nessa etapa temos um momento de redefinição do objeto em análise, no qual algumas grandezas são selecionadas como relevantes e outras não. Essas escolhas exigem dos grupos o estabelecimento de relações entre os processos físicos e sua importância para a compreensão de determinados aspectos dos fenômenos, passo importante para a criação de um modelo e que vai se realizar na terceira etapa, de modelização. A escolha do recorte é o que define a precisão da investigação, pois parte-se de uma estrutura global do tema para uma visão pontual sobre uma fração do tema.

Na terceira e última etapa, temos o processo que envolve a modelização. Após uma clarificação do foco e um enfrentamento de questões mais específicas, na terceira etapa os grupos buscam um aprofundamento do estudo, procurando explicações mais consistentes para um ou mais processos relevantes para o tema. Por meio da mobilização e da criação de instrumentos conceituais ou experimentais, eles podem estabelecer uma compreensão, uma explicação e uma representação de parte da temática.

De forma mais consciente, pode-se, nessa terceira etapa, construir um modelo representativo e explicativo sobre parte da temática. Este modelo pode ser até qualitativo e conceitual, desde que possua informações importantes e precisas sobre determinado aspecto do tema.

O produto final do desenvolvimento dessas três etapas é um PT que possui um nível de complexidade compatível com o Ensino Superior. Isso se deve ao fato de que o trabalho desenvolvido em INSPB B servirá de base para a elaboração de um material destinado ao professor do Ensino Médio, além de conter possíveis indicações para o desenvolvimento do minicurso que ocorre no semestre seguinte, na disciplina de INSPE C. Sendo assim, espera-se que os trabalhos proporcionem um nível conceitual claro e profundo, o que justifica a

exigência para que o PT de INSPE B seja compatível com o nível superior.

Na disciplina de INSPE C, o material desenvolvido em INSPE B passa por uma transposição didática, trazendo novas discussões e uma redefinição do trabalho desenvolvido anteriormente. As escolhas que definem as abordagens a serem utilizadas em INSPE C devem partir dos licenciandos, logicamente orientados pelo professor, mas que sejam interessantes para eles e para um novo público, alunos do Ensino Médio. Essa fase não foi tratada nesta pesquisa, mas vale como indicação para próximas investigações.

1.2 A DISCIPLINA DE INSPE B NO SEGUNDO SEMESTRE DE 2011

No primeiro encontro da disciplina, os licenciandos receberam o plano de aula e o cronograma¹⁰ (Anexo A) das atividades que deveriam ser desenvolvidas. Nesse mesmo dia, eles foram separados em grupos, num total de cinco, sendo compostos por três integrantes cada. Os temas a serem trabalhados (Efeito Estufa, Radiação Solar, Desastre de Fukushima, Raios Cósmicos e Ondas Sísmicas), previamente definidos, foram destinados aos grupos por meio de sorteio. Para escolher esses temas, o professor adotou alguns critérios, como: temas que envolvem conceitos físicos interessantes para o Ensino Médio e que não estão sendo bem trabalhados na escola, como ondas, termodinâmica e Física moderna; temas que evidenciem bem os processos de fenomenologia e de modelização e temas que possibilitem a abordagem de vários enfoques.

Ainda nesse encontro, com o intuito de acompanhar o processo de desenvolvimento do trabalho que seria realizado pelos licenciandos, foi solicitado a cada grupo que entregasse relatórios denominados Diário de Bordo. Estes deveriam conter os pontos investigados, as dúvidas e a bibliografia.

Nos três encontros seguintes, o professor iniciou os trabalhos exemplificando os aspectos relacionados ao estudo e à exploração de fenômenos complexos e realistas. Para isso, fez-se a análise de dois

¹⁰ A disciplina de INSPE B é ministrada em cada semestre por professores diferentes, sendo que cada um estabelece suas prioridades para o curso. Dessa forma, o plano de aula e o cronograma apresentados em anexo servem como base que pode, dependendo do professor, sofrer modificações.

temas, Física dos Esportes e Tecnologia do Forno de Micro-ondas. O primeiro tema é bastante amplo, sendo que para a exploração dele poderia haver inúmeras escolhas. Inicialmente, discutiu-se com os licenciandos esse aspecto, ou seja, como uma temática tão extensa poderia dificultar a escolha de um foco para um PT. Mostrou-se, também, que as várias possibilidades de esportes (esportes com bola, atletismo, ciclismo etc.) poderiam levar à escolha de temas interessantes para os projetos. A fim de limitar a temática, pois a amplitude desta dificultaria ou até impossibilitaria o estudo preciso da mesma, o professor elaborou suas primeiras perguntas: “Qual esporte devemos tratar? Esportes com bola (vôlei, futebol, tênis, basquete etc.) ou esportes de atletismo (corridas, saltos, arremessos de peso etc.)?”

A escolha, neste momento, foi pela física do ciclismo. Para essa seleção, o critério utilizado foi que a física do ciclismo parecia ter grande potencial em envolver conceitos e processos físicos interessantes da mecânica clássica, possibilitando uma exploração dos conceitos de cinemática e dinâmica dentro de uma situação diferente da usualmente tratada nos livros-textos e nas listas de exercícios, além de permitir a utilização de simulações, vídeos e programas computacionais para uma melhor exploração, compreensão e apresentação do tema.

Nesse ponto, foi enfatizado que as escolhas dos grupos no decorrer de suas investigações são de extrema importância para a elaboração do PT e que esses devem aprender a estabelecer certos critérios de seleção de forma clara, pois como são temas extensos, para um estudo mais profundo e preciso são necessárias algumas reduções.

Fixando-se na física do ciclismo, o professor discutiu com os licenciandos que ainda havia várias possibilidades de estudo, pois existem diversas modalidades, como o ciclismo *indoor*, o ciclismo de velocidades e o ciclismo de corridas de longa duração, além de outro enfoque que poderia ser a física da bicicleta, que levaria a outro foco de trabalho. A opção foi por corridas de longa duração, especificamente a Volta da França de Ciclismo. Dessa forma, o tema que era, inicialmente, Física dos Esportes foi redefinido e passou a ser Volta da França de Ciclismo. O critério para essa escolha foi o mesmo do anterior.

Para deixar bem marcadas as etapas do desenvolvimento do projeto, fez-se a análise exploratória do projeto, iniciando pela descrição fenomenológica do novo tema. A corrida e suas etapas foram descritas, contemplando suas características fundamentais como as inclinações, as curvas e o asfalto, bem como os atletas, analisando o ritmo dos competidores, a energia e a potência dispendida por eles, se há variação de rendimento nos diferentes trechos e a sua razão; descreveu-se

também os tipos de bicicletas, destacando o peso, as rodas e os pneus. Todos esses aspectos envolveram questões que permitiram definir os parâmetros e as grandezas importantes para a investigação do tema. Esse primeiro levantamento para o estudo da temática gerou as seguintes perguntas: “O relevo é mesmo em todo trajeto? Como é o piso? Qual a distância a ser percorrida? Que tipo de bicicleta será utilizada? Existe algum estudo próximo ao nosso?”.

Após a descrição, o professor escolheu, como foco de trabalho, traçar uma previsão temporal para que um ciclista percorresse toda a “Volta da França”. Nesse momento, ele enfatizou a segunda etapa do trabalho (escolha do recorte). Da descrição fenomenológica, tem-se que os aspectos mais importantes estão ligados à força originada do atrito de rolamento, a forças de arrasto aerodinâmico devido ao vento, força peso e à força motriz do ciclista. Para entender a pista, ele utilizou mapas topográficos e realizou uma pesquisa bibliográfica. O resultado foi que para um estudo sobre o tempo decorrido para se completar a “Volta da França”, pode-se eliminar as curvas, tratando a pista como sendo uma trajetória retilínea e que, nos pontos de aclives e declives, pode-se defini-los como sendo planos inclinados.

A partir desses parâmetros construiu-se um modelo, cuja pista se transformou num conjunto de planos inclinados, com trajetórias retilíneas, isto é, as curvas foram desprezadas por se considerar que não influenciariam de maneira significativa a trajetória (curvas muito amplas comparadas com o tamanho das bicicletas). O piso foi considerado homogêneo e o atrito levado em conta foi apenas o atrito de rolamento, supondo que as bicicletas não escorregam. Foram levados em conta os ventos, que aparecem através de uma força de arrasto aerodinâmica, e que é proporcional à área do corpo do ciclista, supondo-se uma área média, correspondente a um ciclista médio, com um peso médio e uma bicicleta também com um dado peso médio. No caso do ciclista, levantou-se a suposição de uma potência média dispendida ao longo de cada trecho.

Essa modelização foi enfatizada para que os licenciandos percebessem o papel da fenomenologia para o levantamento dos parâmetros importantes, que balizam o modelo. Dessa forma, foi ressaltada a importância de ter as noções de escala de relevância e a justificação das aproximações feitas.

Feito isso, o professor desenvolveu uma formalização matemática, que permitiu, por meio da construção de uma equação do movimento, obter dados sobre a performance do ciclista ao longo dos trechos na “Volta da França”. A capacidade dessa equação para

descrever a corrida foi ainda testada, fazendo-se uma previsão do tempo despendido para completar todo o trajeto e comparando com os resultados reais das corridas.

Tratou-se, portanto, de um modelo completo, que vai desde testes de limitações até uma formalização matemática. Mais do que explicativo, esse modelo permitiu trabalhar e manipular dados. Sendo assim, pode-se explorar esse modelo tanto nos aspectos de adequação aos resultados empíricos quanto aos aspectos conceituais, como por exemplo, o papel de cada um dos parâmetros inicialmente elencados. Esse projeto fez um apontamento total de todas as etapas contempladas na disciplina, construindo uma problematização inicial na descrição fenomenológica, evidenciando parâmetros relevantes para determinada escolha de recorte e representando parte da temática em um modelo, passível inclusive de teste.

O segundo tema que serviu como exemplo foi o de Tecnologia do Forno de Micro-Ondas. Nesse caso, o tema é mais complexo e a primeira etapa de descrição ganhou bastante ênfase. O intuito foi proporcionar aos licenciandos exemplos de problematização a partir do estudo do fenômeno.

O tema consta de vários conceitos e processos físicos envolvendo o funcionamento do forno de micro-ondas e suas aplicações, como o processo de geração de micro-ondas, a transmissão de ondas para o interior da cavidade, a formação de ondas estacionárias e também a ação das ondas sobre algum objeto, ou seja, a interação da radiação com a matéria. Portanto, este possui uma sequência maior de processos físicos, aspectos conceituais diversos e um nível de formalização matemática que pode ser mais ou menos avançada, dependendo do foco de investigação escolhido.

Para iniciar a exploração do tema, o professor fez algumas perguntas: “Como as ondas são geradas e transmitidas para o interior da cavidade? Como elas se comportam dentro desta cavidade? E como, ao interagir com os alimentos, elas os aquecem?”. Para compreender a geração, foi necessário estudar o funcionamento do magnetron. Nesse sentido, iniciou-se a descrição do magnetron mostrando a diversidade de conceitos físicos contidos nele, discutindo com os licenciandos sobre o que é uma onda eletromagnética e como se pode gerá-la através de um circuito em que se tem a troca de energia entre campos elétricos e magnéticos. A partir disso, foram feitas novas questões: “Como o magnetron gera uma onda eletromagnética de uma dada frequência? Qual o papel de cada um dos componentes (as aletas, a fonte de elétrons,

o campo magnético etc.)? Quais as grandezas e os processos físicos importantes para a geração de micro-ondas?”.

Com isso, buscou-se debater essas questões e, em seguida, foi mencionado que se pode entender o magnetron como sendo um circuito RLC. As cavidades entre as aletas funcionam como um capacitor e as aletas como um indutor. Isso significa que a geração de micro-ondas pelo magnetron se deve ao fato de que este gera uma oscilação de elétrons semelhante ao circuito RLC, em que a frequência de oscilação está ligada à indutância e à capacitância do circuito.

Nesse momento, foi enfatizado que o estudo e a exploração do magnetron já seria um foco relevante para um PT, que isso dependeria do interesse e dos critérios de escolha do recorte. Porém, esta não seria a escolha para aquele momento, pois a intenção do professor era de mostrar os diversos conceitos e processos físicos presentes no tema de Tecnologia do Forno de Micro-ondas, bem como os vários focos de trabalho que este proporciona.

Na sequência da apresentação, destacou-se que a transmissão da onda para o interior da câmara do micro-ondas envolve a física da antena. Esta capta a onda gerada pelo magnetron e a transmite na direção do forno através do guia de ondas. Por meio desse guia, as ondas chegam à cavidade do forno. Na cavidade, a radiação poderia tanto ser difundida como formar ondas estacionárias, mas que, devido às relações entre as dimensões da cavidade e os comprimentos de onda, tem-se a formação de ondas estacionárias. Por fim, há, então, o aquecimento de alimentos.

A partir dessa descrição global do tema e de sua problematização, o professor mostrou a quantidade de aspectos associados ao forno de micro-ondas. Com isso, ele apresentou as várias possibilidades de recortes, como física da geração, da transmissão e da interação da radiação com os alimentos. Novamente, foi enfatizado que as escolhas é que permitiriam a seleção de aspectos que se tornariam mais profundos e outros mais informativos. Por exemplo, a escolha da física do magnetron como foco principal implicaria tratar o aquecimento de alimentos de forma mais informativa e vice-versa.

Em seguida, escolheu-se como foco de trabalho o cozimento dos alimentos. Essa escolha gerou nova problematização: “Por que certos materiais não se aquecem, enquanto outros se aquecem? Como se dá o cozimento? Qual o papel do prato girante? Quanto de radiação é absorvida? Essa radiação é monocromática, isto é, a radiação do forno tem uma frequência bem definida ou se estende por uma faixa de frequências? Qual a intensidade da radiação dentro do forno? Qual a

intensidade absorvida? A intensidade absorvida depende da frequência? A intensidade absorvida depende do alimento?”.

O professor então mostrou que algumas dessas questões podem ser respondidas quantitativamente por meio da lei de Beer-Bouguer-Lambert¹¹. Essa lei, devidamente explorada, serve de base para o estabelecimento dos parâmetros mais importantes no processo, isto é, o papel da intensidade, da frequência e das características relevantes das diferentes substâncias.

Essa lei foi ressaltada no sentido de fornecer meios para descobrir quais os parâmetros importantes para a ocorrência do fenômeno de aquecimento. Com o auxílio dela, pode-se discutir o coeficiente de absorção associando ao índice de refração do material, evidenciando a dependência desse coeficiente com a frequência da onda e com as propriedades da matéria. O resultado final é que pode-se construir e apresentar um modelo que tratava especificamente sobre o cozimento dos alimentos, dentro de um tema maior que é a Tecnologia do Forno de Micro-Ondas.

Nota-se que esse tema exige bem mais do que o primeiro, pois a complexidade da sua elaboração não permite, necessariamente, a construção de um modelo tão formalizado como o da Volta da França de Ciclismo. Explorando a descrição, enfatizou-se a fase de problematização e dos critérios para a escolha de um recorte. Sendo que este também permitiu uma compreensão mais conceitual e qualitativa sobre os parâmetros físicos mais importantes da temática.

Esse segundo exemplar também mostrou que um tema pode ser separado em vários focos de investigação, dependendo dos processos que se ache relevantes. Nisso se torna necessária a definição de critérios para a escolha do recorte, que podem surgir das perguntas levantadas, do interesse, da curiosidade dos licenciandos e também dos aspectos que eles julguem importantes para a construção futura de um minicurso. Esses aspectos foram colocados em relevo durante a apresentação.

¹¹ A lei de Beer-Bouguer-Lambert é a combinação de duas leis empíricas que foram construídas independentemente. A lei de Lambert-Bouguer, que relaciona a quantidade de radiação absorvida e a distância que ela percorre em um meio absorvedor homogêneo, e a lei de Beer, que relaciona a absorção de radiação e a concentração da substância absorvente. Juntas, temos a lei de Beer-Bouguer-Lambert. (ECHER et al., 2001).

Em síntese, na exploração dos dois exemplares, o professor destacou passos importantes no desenvolvimento do trabalho, como a definição, a exploração e problematização dos temas; os recortes necessários para determinadas investigações; e o aprofundamento do foco do trabalho, sendo que este último ponto poderia ser realizado por meio da construção de um modelo para a explicação de parte da temática e/ou através da utilização de teorias e/ou modelos científicos. Com isso, ele demonstrou as três etapas contempladas na disciplina - a descrição fenomenológica, a escolha do recorte e a modelização.

No final do quarto encontro, foi ressaltado que a colocação desses dois exemplares distintos se deve ao fato de demonstrar aos licenciandos que os modelos podem ser tratados de diferentes formas e isso vai depender exclusivamente das escolhas realizadas durante o desenvolvimento do trabalho.

Nos encontros seguintes, do 5 ao 18, os licenciandos desenvolveram as atividades referentes à primeira etapa da construção do PT, a descrição fenomenológica. Na primeira etapa, a intenção foi obter deles uma descrição qualitativa e global sobre a temática. Esse momento seria também o primeiro para que os grupos apresentassem suas dúvidas iniciais sobre o tema, as quais seriam respondidas e aprofundadas posteriormente, buscando alcançar uma maior e melhor compreensão dos fenômenos e processos físicos envolvidos. Foi ainda enfatizado que eles seriam avaliados por meio da análise de suas dúvidas e questões sobre o tema. Com essa atitude, esperava-se que as questões fossem se tornando mais sofisticadas e específicas à medida que o projeto fosse se desenvolvendo.

Textos sobre os temas foram trazidos pelos licenciandos a fim de levantar uma discussão preliminar sobre o assunto. A partir desses textos, o professor debateu com eles os diversos fenômenos físicos presentes em cada tema, questionou sobre os critérios que eles tiveram para escolher esses materiais e em que os textos os auxiliariam na descrição fenomenológica da temática.

Com o intuito de auxiliar os grupos neste momento inicial, foram disponibilizados outros textos de apoio. Esses eram artigos de profundidade variável e que levantavam pontos ora específicos ora gerais do assunto a ser trabalhado. O objetivo foi de proporcionar a eles um levantamento inicial da fenomenologia do trabalho. Com isso, perguntas amplas sobre os temas deveriam ser levantadas na intenção de nortear o desenvolvimento do estudo e proporcionar uma orientação e clarificação para as futuras pesquisas bibliográficas.

Em seguida, o professor elaborou, para cada grupo, o chamado Boneco Primário¹² (Figuras 1 e 2). Este instrumento foi apresentado em um momento em que os licenciandos já deveriam ter feito a descrição fenomenológica do tema. Sendo assim, o objetivo do Boneco foi de apontar lacunas na descrição feita pelos licenciandos, mostrar como os temas podem ser esquematizados em diversos conceitos e processos físicos envolvidos, bem como as relações desses com aspectos sociais, econômicos e culturais.

Neste Boneco, encontramos a trama que estabelece um percurso para a compreensão global do tema. A partir dele podemos encontrar os *links* dos vários aspectos que formam a “árvore” central da temática e também podemos retirar questões iniciais para o desenvolvimento do trabalho. Além disso, com esse instrumento, podemos criar critérios para a escolha dos recortes.

Dessa forma, o boneco é uma expectativa do que se esperaria de uma descrição por parte dos grupos, não se restringindo ao esquema, mas sim ao que e como eles poderiam percorrer e fazer os vínculos entre os conceitos e processos físicos presentes na temática.

¹² Apresentamos no corpo deste trabalho somente os Bonecos Primários destinados aos grupos de Efeito Estufa e de Ondas Sísmicas, pois foram os trabalhos desenvolvidos por esses grupos que utilizamos em nossa análise. Os outros diários estão em anexo (Anexo B).

Figura 1 - Boneco Primário de Efeito Estufa.

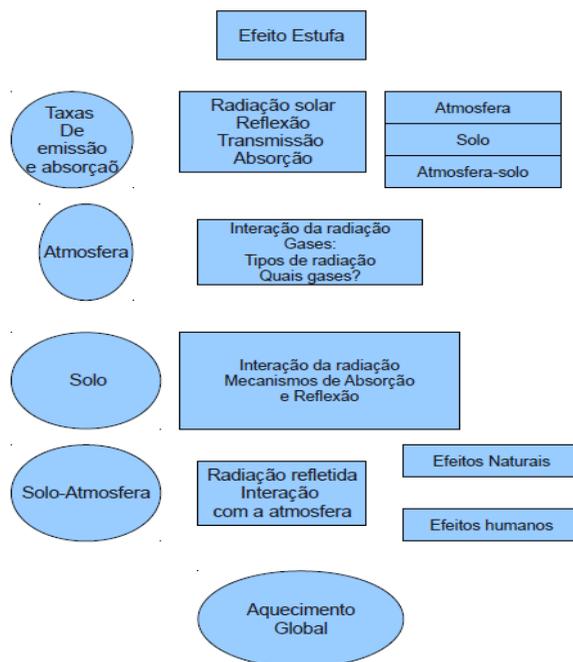
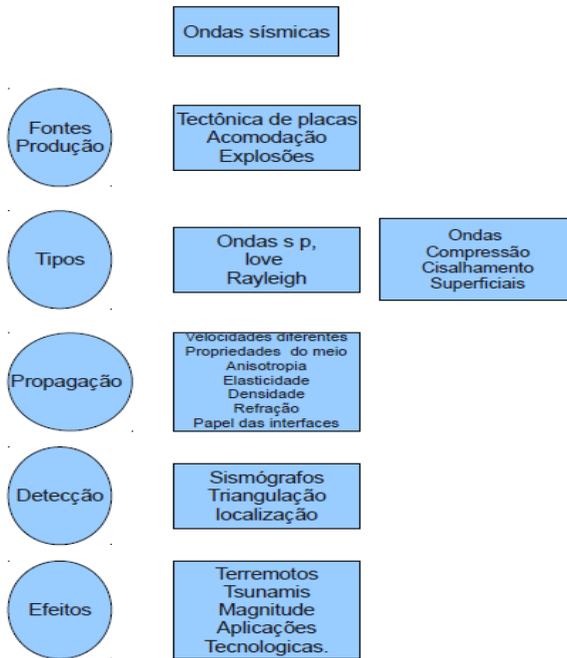


Figura 2 – Boneco Primário de Ondas Sísmicas.



Após a apresentação e discussão dos Bonecos Primários, os licenciandos deram continuidade a seus trabalhos partindo para a segunda etapa da disciplina, de escolha do recorte (encontros 19 ao 23). Com novas investigações, buscaram elencar parâmetros relevantes para determinados aspectos do tema e passaram a determinar os focos que receberiam um maior aprofundamento.

Após realizadas essas duas primeiras etapas, os grupos apresentaram seminários, com o objetivo de compartilhar com os demais colegas o trabalho já realizado (encontros 24 ao 26). Nessas apresentações, eles destacaram as etapas de descrição fenomenológica e de escolha do recorte. Tais apresentações caracterizam-se como uma atividade importante, pois o professor pode fazer sugestões e avaliações dos trabalhos desenvolvidos.

Após os seminários, os licenciandos passaram a desenvolver a terceira etapa do trabalho que envolve o processo de modelização

(encontros 27 ao 33). Os grupos, a partir dos pontos que consideravam relevantes na etapa anterior, buscaram aprofundar o estudo sobre estes pontos. Nessa etapa, eles poderiam construir um modelo sobre determinado aspecto do tema e/ou utilizar modelos e/ou teorias científicas. O intuito é que estes modelos pudessem auxiliar na compreensão do foco escolhido em estudo.

Nos últimos encontros, houve nova apresentação de seminários, nos quais os grupos compartilharam com os demais colegas o resultado das atividades desenvolvidas durante o semestre (encontros 34 ao 36). Esses seminários também serviram para que o professor fizesse mais uma avaliação e que já apontasse novas dicas para os grupos, no sentido que esses já começassem a pensar sobre o desenvolvimento do minicurso que seria realizado na disciplina de INSPE C, e que se desenvolveria no primeiro semestre de 2012.

Finalizando a disciplina, os grupos entregaram o trabalho denominado de PT de INSPE B, em que exploraram um tema com significado conceitual em nível de Ensino Superior e também um material contendo as apresentações, simulações, animações ou outros recursos de mídia que utilizaram no decorrer do curso.

1.3 OS SUJEITOS QUE PARTICIPARAM DA DISCIPLINA

1.3.1 Licenciandos

A disciplina de INSPE B, desenvolvida no segundo semestre de 2011, era composta por 15 licenciandos do curso de Licenciatura em Física da UFSC. Neste momento do curso, os licenciandos já tinham concluído algumas das disciplinas do currículo base, como Física Geral A e B e Física Geral 2, 3 e 4 com suas respectivas disciplinas de Laboratório; Complementos de Termodinâmica e Ondas; Cálculo 1, 2, 3 e 4; Geometria Analítica; Química Geral A e B; Introdução à Ciência da Computação; Fundamentos da Educação; Psicologia Educacional; Didática Geral e INSPE A. Dessa forma, esperava-se que os licenciandos apresentassem uma base conceitual estabelecida pelas disciplinas vistas anteriormente, tanto específicas como pedagógicas.

Podemos separar a turma de licenciandos que participaram da disciplina em dois blocos. Um primeiro que era composto por grupos dispostos e motivados a enfrentar os desafios propostos pela disciplina e um segundo bloco constituído por grupos que, mesmo tendo cumprido as atividades, apresentaram resistências mais agudas e com maior

obstinação às mudanças provocadas pelas atividades propostas em INSPE B.

Para nossa análise, que será apresentada no quarto capítulo, escolhamos os trabalhos desenvolvidos por dois grupos, Efeito Estufa e Ondas Sísmicas. O primeiro grupo elaborou e entregou ao professor dois diários, enquanto o segundo apresentou quatro. Além disso, estes também entregaram a representação de todo o trabalho desenvolvido em INSPE B na forma de um PT.

São dois grupos compostos por sujeitos que apresentaram posturas distintas desde o início da disciplina. O grupo de Efeito Estufa era formado por licenciandos que sempre se mostraram interessados pelas atividades que seriam desenvolvidas, mesmo tendo apresentado ao longo da disciplina certas dificuldades referentes ao processo de construção do PT realizado em INSPE B. Já o grupo de Ondas Sísmicas apresentou maiores resistências à disciplina, sendo que este grupo possuía certa especificidade, pois era formado por integrantes que já haviam cursado bacharelado em Física e que estavam no curso de licenciatura em Física a fim de ficarem aptos para se inscreverem em concursos públicos destinados a licenciados.

Sendo assim, a escolha desses dois grupos para análise se deve ao fato de termos elementos representativos de dois blocos distintos que participaram da disciplina - o grupo de Efeito Estufa, correspondendo ao primeiro bloco acima mencionado, e o de Ondas Sísmicas, ao segundo.

1.3.2 Professor

O professor sempre deixou claro para os licenciandos que ele trabalharia como orientador do processo. Em versões anteriores, de acordo com ele, os grupos o viam como um avaliador constante, o que trazia certas angústias e proporcionava obstáculos para o desenvolvimento dos trabalhos. Os licenciandos, diante do professor/avaliador tendiam sempre a apresentar respostas e não perguntas assim, o estabelecimento do professor/ orientador visou estimular a problematização e a discussão.

Ele acompanhou toda a construção do PT de INSPE B, auxiliando com dicas e construindo ferramentas que possibilitaram uma melhor compreensão das atividades propostas na disciplina, como o Boneco Primário. Os grupos eram orientados durante todas as aulas, em que o professor se informava do andamento do projeto, debatia com eles as questões formuladas e levantava novas questões, além de fornecer e

discutir as referências bibliográficas necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

Com essa postura, o professor ministrou e avaliou o processo de maneira contínua, levando em conta todas as atividades realizadas pelos grupos, como diários, apresentações e o PT. Nessa avaliação, ele procurou diagnosticar a aprendizagem, não apenas observando as afirmações contidas nos textos e nas falas dos licenciandos, mas também levando em conta os questionamentos que eles desenvolviam. O progresso do projeto era avaliado analisando se as questões se tornavam mais profundas a cada etapa e se traziam em sua estrutura novos conhecimentos (conceitos, modelos e/ou teorias), sendo aplicados na tentativa de responder os questionamentos anteriores. A análise das questões (problematização) fornecia também ao professor o nível de entendimento que os grupos tinham sobre o tema.

O diálogo entre as partes possibilitou a interpretação sobre as necessidades e os anseios dos licenciandos para com o trabalho. Intervindo de maneira pontual em cada etapa e em cada grupo, o professor sempre procurou esclarecer as atividades que deveriam ser cumpridas, bem como os aspectos relacionados aos conhecimentos específicos.

Um dos pontos importantes e que foi uma preocupação do professor é que os alunos se aprofundassem no conhecimento, mas que este não os distanciasse da temática. Essa preocupação se deve ao fato de que os grupos, muitas vezes, ao se aprofundarem num dado conhecimento teórico, afastavam-se do tema e partiam para uma busca do domínio sobre uma teoria mais geral, sem conseguir retornar ao fenômeno. Esse aspecto está vinculado ao que chamamos de reversão ontológica e que será melhor tratado no próximo capítulo.

1.3.3 Pesquisador

O pesquisador presenciou todas as atividades desenvolvidas no segundo semestre de 2011 na disciplina de INSPE B, mas não participou ativamente do processo, dando opiniões ou propondo mudanças. A intenção foi observar o trabalho desenvolvido pelos grupos no decorrer do semestre. Ressaltando que observar não é simplesmente olhar, observar é destacar um conjunto, reconhecendo características e informações para determinado estudo. (TRIVIÑOS, 2008).

Dessa forma, o pesquisador delimitou o objeto de estudo como sendo o processo de desenvolvimento do PT realizado pelos grupos, enquadrando o espaço como sendo a disciplina de INSPE B e fez o recorte

temporal ao selecionar uma turma que cursou a disciplina no segundo semestre de 2011.

Pode-se dizer que a observação propiciou alcançar mais de perto a perspectiva dos licenciandos, revelando algumas dificuldades e resistências por parte desses ao realizar as atividades propostas na disciplina. O contato direto com as pessoas pertencentes à pesquisa, seja o licenciando ou o professor, foi fundamental para entender melhor o percurso e o processo desenvolvido em INSPE B.

Algumas limitações podem ser atribuídas à observação. Dentre elas destacam-se as possíveis alterações no ambiente de sala de aula ou no comportamento dos grupos. (LÚDKE; ANDRÉ, 1986). No decorrer da disciplina, foi possível notar que, em alguns momentos de discussão e debate entre os membros, eles se sentiam pouco à vontade quando o pesquisador estava presente, talvez com receio de que este pudesse estar avaliando seus conhecimentos.

Não foi feito nenhum tipo de gravação das aulas, fato que por um lado pode ter causado uma certa restrição dos dados a serem analisados na pesquisa, mas por outro evitou que os licenciandos se sentissem mais inseguros diante dessa ferramenta. Sendo assim, os dados, que serão analisados no quarto capítulo, surgem da exploração dos trabalhos escritos, Diário de Bordo e PT.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Sabemos que a Física pode ser estabelecida pelo estudo de fenômenos e pela construção/utilização de modelos derivados de aproximações, abstrações e idealizações. Em contrapartida, o ensino de física apresenta apenas o resultado final desse processo. (MACHADO, 2009; REZENDE JUNIOR, 2006). As teorias e os modelos são até utilizados em determinados contextos de aplicações, mas não são explorados em situações desafiadoras, servindo apenas como ilustração de fenômenos.

Neste capítulo, buscaremos pressupostos teóricos que aprofundem a discussão sobre essa problemática. Para isso, o capítulo será dividido em duas seções: Fenomenologia para a Instrumentação de Ensino de Física B e Modelização para o Ensino de Física.

Na primeira seção, será feita uma discussão a respeito da fenomenologia. Acreditamos que a exploração de fenômenos complexos e realistas traz uma contribuição positiva para o ensino de física, pois a natureza dos conceitos científicos e o processo de como se chega a estes conceitos é mais bem trabalhado, exposto e iluminado. (OSTERGAARD et al., 2007). Iniciaremos, a partir de trabalhos desenvolvidos por Rezende Junior (2006), Dhalin et al. (2009) e Ostergaard et al. (2008; 2009), apresentando nossa posição com respeito à fenomenologia para o ensino de física. Em seguida, iremos definir a fenomenologia desenvolvida na disciplina de INSPE B, situando o termo como sendo uma investigação de um fenômeno que busca explorar e analisar um objeto, no caso da disciplina, o estudo de um tema.

Na segunda seção deste capítulo, iremos abordar aspectos relacionados aos modelos e à modelização para o ensino de física. Entendemos que estes fazem parte da estrutura do conhecimento científico, sendo essencial para a construção do mesmo. Dessa forma, enfatizaremos a necessidade de abordar os modelos e a modelização no ensino de física, seja para clarificar melhor a função desses para a ciência ou em sua utilização como ferramenta para a investigação e compreensão de determinados fenômenos. Por fim, discutiremos a modelização desenvolvida na disciplina de INSPE B.

2.1 A FENOMENOLOGIA PARA A DISCIPLINA DE INSPE B

Todos nós estamos cercados de fenômenos, sejam naturais ou tecnológicos. Entendemos como fenômeno qualquer fato ou evento que ocorra de maneira natural ou tecnológica. Desde crianças vivenciamos vários desses como o fluxo da água de um rio, as diferentes estações, os corpos quentes e frios etc. Com eles, aprendemos a nos maravilhar, mesmo que de maneira ingênua, com o mundo que nos envolve. (REZENDE JUNIOR, 2006).

É certo que o homem sempre se deparou e se preocupou em compreender os principais fenômenos ao seu redor, buscando entendimento e explicações para tais. Prova disso são os inúmeros mitos e lendas que surgiram ao longo da história da humanidade ao tentar explicar o movimento dos astros, o dia e a noite, os relâmpagos, os trovões etc. (HEMPEL, 1979). Para Hempel (1979), são dois motivos que nos levam a buscar uma compreensão sobre o que nos cerca: um primeiro, de caráter prático, ao tentar se aperfeiçoar e controlar nossas ações sobre o mundo e um segundo, de maneira existencial, em que se busca um entendimento melhor dos fenômenos e das relações que se estabelecem no mundo.

Pode-se dizer que explicar os fenômenos é um dos principais objetivos das ciências naturais, especificamente da Física. O conhecimento científico originado por essa ciência busca evidenciar e compreender conceitos e processos físicos resultantes dos fenômenos, sendo que esse estudo se diferencia das visões ingênuas e metafóricas da realidade tidas pelo senso comum.

Neste trabalho, utilizaremos o conceito de fenomenologia¹³ como exploração e estudo de um fenômeno. Sem entrar em discussões mais

¹³ O termo fenomenologia tem uma longa história na ciência e na filosofia. Pode-se dizer que a fenomenologia como um conceito ou como prática de pesquisa já existe há cerca de dois séculos. Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770 – 1831) em “Phänomenologie des Geistes”, publicado em 1807, mostra talvez a primeira utilização conhecida do termo, embora Edmund Husserl (1859 - 1938) seja considerado o primeiro a tratar a fenomenologia como uma filosofia moderna. Hegel foi inspirado pela epistemologia e ontologia implícita em Goethe. Os princípios básicos da fenomenologia de Hegel são o não-dualismo e o idealismo empírico. O “não-dualismo” refere-se à ênfase sobre a participação do sujeito na constituição do objeto ou do fenômeno observado, enquanto o termo “idealismo empírico” refere-se à visão de que ideias e conceitos são experiências de vida em vez de entidades puramente formais. (OSTERGAARD et al., 2008). Como filosofia moderna, a fenomenologia surge

profundas, temos: o objeto no mundo associado à noção de fenômeno e o ato de investigá-lo com intenção descritiva e explicativa como sendo fenomenologia. Dessa forma, a fenomenologia seria o que nasce mais diretamente da investigação dos objetos do mundo.

A fenomenologia, na acepção aqui tomada, exige uma aproximação com a natureza, visando a uma exploração e uma apreensão dos processos e conceitos físicos inerentes aos fenômenos. Compreendê-los requer uma ligação com o objeto em estudo, permitindo compreendê-lo de maneira mais íntima e visando sempre ao estabelecimento de um conhecimento sobre o mesmo. (REZENDE JUNIOR, 2006).

Para Rezende Junior (2006), a Física tem tido sucesso no entendimento dos fenômenos utilizando de abstrações, idealizações e aproximações, ou seja, o conhecimento científico construído por essa ciência é caracterizado por um profundo caminho que nos leva do mundo real ao estabelecimento de objetos, como os modelos e as teorias. Por outro lado, temos um ensino que usualmente ignora esse processo de construção, tratando apenas do resultado final dele. Temos um ensino de física que utiliza apenas as teorias e suas aplicações, sem que seja ao menos feito um tratamento com respeito ao surgimento delas.

Segundo Dahlin et al. (2009), o que ocorre no ensino é uma reversão ontológica, epistemológica e pedagógica. Reversão ontológica, pois, de acordo com os autores, existe uma substituição da percepção de “mundo vivido” por uma percepção abstrata, que enxerga o mundo apenas com o uso de modelos, teorias, leis e fórmulas matemáticas, sem nem explorar os processos para se chegar a essas formalizações. A reversão epistemológica entende que o conhecimento é construído pela cognição conceitual da natureza no lugar de uma “prática atenta”, isto é, a produção do conhecimento não se dá por meio de um diálogo com o fenômeno através de sentidos e percepções do “mundo vivido”, mas pela utilização de conceitos já estabelecidos. E a reversão pedagógica, que desenvolve o conhecimento por meio de ferramentas que coloquem a construção como uma mera ação, um treinamento com o auxílio de

no final do século XIX e início do século XX, tendo como pai e mestre Husserl. Para o fenomenologista, toda construção científica deveria partir de um “ponto zero”, pelo qual todo o conhecimento poderia ser desenvolvido. (ALES BELLO, 2006). Essas e outras acepções filosóficas ao termo fenomenologia não serão discutidas neste trabalho.

repetidos exercícios e que fazem apenas aplicações da teoria, esquecendo completamente o fenômeno.

Neste trabalho, enfatizaremos a reversão ontológica, pois observaremos, ao longo de nossa análise, e conforme descrito no quarto capítulo, como os alunos enxergam em primeira instância o tema a partir de teorias e modelos já estruturados e somente depois incorporam aos fenômenos. Acreditamos que a reversão pedagógica poderia ser mais bem observada na disciplina de INSPE C, pois durante o minicurso os licenciandos demonstram suas práticas, ações e posições didáticas. Já a reversão epistemológica poderia ser observada em outra pesquisa, que investigasse o entendimento dos licenciandos a respeito da origem do conhecimento científico.

Nossa hipótese é de que a reversão ontológica se deve em grande parte à tradição didática do ensino de física, pois o que observamos é que esta visa sobretudo a ensinar as grandes teorias universais da Física: mecânica clássica, eletromagnetismo, termodinâmica e mecânica quântica. As teorias, por sua vez, dizem respeito ao comportamento de objetos físicos em geral, não dizem respeito a fatos singulares, ou fenômenos singulares, pois, pela sua própria natureza, elas são a base para o tratamento de todos os fenômenos, associados a uma classe de objetos.

Assim, as equações de movimento da mecânica clássica não dizem respeito a nenhum fenômeno em particular, mas a todos os movimentos de todo e qualquer objeto clássico. A teoria de ondas diz respeito a todos os movimentos ondulatórios e não especificamente às ondas sísmicas ou ondas sonoras ou eletromagnéticas.

Dessa forma, no ensino de física, alguns fenômenos aparecem apenas para exemplificar ou ilustrar uma determinada teoria. Acreditamos que este foco nas teorias, unido à tradição de exercícios, problemas e atividades experimentais de um certo tipo, criam no estudante uma crença de que para compreender qualquer fenômeno natural ou qualquer processo físico, este tem de partir de uma teoria. Isto leva ao que Dhalin et al. (2009) chama de substituição da percepção do mundo vivido por uma percepção abstrata, que enxerga o mundo apenas através de teorias e modelos já estabelecidos pela ciência, ou seja, concebe-se o conhecimento físico como algo que só pode ser compreendido e analisado a partir de uma teoria ou um modelo científico.

Vale dizer que os autores não sugerem com isso que um tratamento fenomenológico seria o completo abandono de modelos e teorias. A exploração de um fenômeno pode ter como referencial os

princípios e as teorias científicas, possibilitando que, por meio delas, o objeto em estudo ganhe uma representação teórica.

Para Rezende Junior (2006), o ato de fazer fenomenologia em Física proporciona:

[...] o enfrentamento do problema fazendo aproximações, abstraindo, usando e trazendo conceitos à tona, descrevendo o fenômeno, entendendo a dinâmica ou validando outras tantas perguntas científicas seminais cujo papel histórico permite aprender o processo de construção dos modelos e teorias. (REZENDE JUNIOR, 2006, p. 108).

Com essa visão, os modelos e as teorias ganham importância a partir da observação e exploração dos fenômenos, ou seja, os modelos e as teorias estão e devem ser relacionados à fenomenologia. De acordo com Ostergaard et al. (2007), o uso de modelos e teorias produz um aprofundamento do entendimento dos fenômenos, desde que colocados em um contexto significativo, tornando-se uma explicação ou continuação do objeto em estudo e não uma mera simplificação desse.

O que acreditamos é que o ato de fazer fenomenologia traz uma importante contribuição para o ensino de física ao proporcionar uma ligação entre determinado fenômeno e os conceitos e processos físicos associados a ele (OSTERGAARD et al., 2007), sendo que ao analisar, descrever e investigar determinado tema, é possível construir modelos ou utilizar modelos e teorias já existentes, comportando-se como uma ferramenta que auxilia na compreensão desse tema.

Em INSPE B, este ato está presente nas três etapas desenvolvidas na disciplina - descrição do fenômeno, escolha do recorte e modelização. Nas duas etapas iniciais, o fenômeno é inicialmente analisado, cortado, recortado, seus parâmetros elencados e suas escalas estabelecidas. Alguns aspectos são selecionados, enquanto outros, mesmo que importantes para outras investigações, são descartados. O foco de problematização é que vai definir o que se deve ser relevante ou não.

Nessas etapas, é solicitado aos licenciandos uma análise exploratória do tema. Esta exige um olhar diferente sobre o objeto a ser conhecido, um olhar que se volta, em primeiro lugar, para os processos associados ao tema e um olhar em busca de questões, diferentemente das

do estudo de teorias, que, em geral, são compreendidas como fonte de respostas.

Em seguida, os licenciandos passam para a terceira etapa, a de modelização (essa etapa será mais bem trabalhada na próxima seção deste capítulo). Nesse momento, ocorre uma investigação mais profunda das relações entre as grandezas, sendo que as dependências, as invariâncias e as formas de variação, uma vez estabelecidas, podem levar à construção de um modelo que pode até ser mais qualitativo e conceitual. Sendo assim, esta terceira etapa envolve a construção de um quadro explicativo para o projeto temático, a partir dos questionamentos e das observações, isto é, do diálogo com a fenomenologia do projeto.

Supõe-se, nesta proposta didática, que a partir da exploração e do estudo do fenômeno, os licenciandos devem mobilizar conhecimentos anteriores e/ou buscar novos conhecimentos que, por ventura, necessitem para gerar uma explicação sobre determinado aspecto. Esta atividade exige habilidades distintas das usualmente utilizadas nas tarefas de exercícios e problemas. O confronto de conceitos com situações diferentes das teóricas encontradas nos livros-texto e nos exercícios obriga o aluno a se encontrar com novos sentidos e significados dos conceitos, bem como questionar significados e compreensões anteriores.

Dessa forma, dizemos que os licenciandos são colocados em uma situação diferenciada, cujo ponto de partida não são teorias ou modelos científicos, mas sim fenômenos que necessitam de uma explicação que não é decorrência direta desses elementos. Consequentemente, esta situação gerada pelo curso exige atividades e tarefas muito diferentes das atividades das tarefas usuais solicitadas na maior parte das disciplinas de sua educação escolar e acadêmica, sendo que essa diferença provoca certas dificuldades para o licenciando.

2.2 MODELOS E MODELIZAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA

Podemos definir a modelização como o processo de construção ou de apropriação de modelos. (HESTENES, 1996). Na história da Física, existem inúmeros exemplos de modelização, como a construção dos modelos atômicos, a explicação do funcionamento de fenômenos elétricos, a explicação da propagação de calor em um corpo sólido etc. (PINHEIRO et al., 2001).

Para o ensino de física, os conceitos de modelo e modelização merecem uma maior relevância, pois mesmo que tenhamos notado certo avanço nas pesquisas de nossa área sobre a importância desses

conceitos, na escola ou na universidade ainda é possível observar aulas de física que tratam os modelos como sendo a realidade em si.

Sobre a importância do papel dos modelos e da modelização para o ensino de física, Gilbert e Boulter (1998) destacam:

Em primeiro lugar, estes termos são usados de forma ubíqua no campo da Educação em Ciências, para descrever representações que variam de uma ideia individual passageira até objetos de grandes dimensões mantidos em museus. [...] Em segundo lugar, os modelos, sendo mais acessíveis à percepção que teorias, desempenham um papel crucial na condução da investigação científica. [...] Em terceiro lugar, [...] a compreensão da aprendizagem em educação em ciências envolve, necessariamente, o entendimento da natureza dos modelos e da modelização. Em quarto lugar, os modelos jogam um papel significativo no dia a dia de uma sala de aula. (GILBERT; BOULTER, 1998, p. 13).

Percebe-se, nesse trecho, a relevância dos modelos e do processo de modelização para o ensino de física. Seja para clarificar melhor a função destes para a ciência, visto que existe uma grande diversidade de termos que são utilizados de forma ubíqua, ou para utilizar tal ferramenta para uma melhor compreensão do processo que envolve a construção do conhecimento científico. Dessa forma, acreditamos que, no ensino de física, seja de extrema importância um tratamento dos modelos e da modelização, tanto em pesquisas quanto em práticas pedagógicas. (COLINVAUX, 1998).

Vários pesquisadores na área de educação científica e tecnológica trazem em suas investigações temas envolvendo modelos e modelização. (COLINVAUX, 1998; CUPANI; PIETROCOLA, 2002; GILBERT; BOULTER, 1998; HESTENES, 1993, KRAPAS et al., 1998 etc.). Notam-se, nesses trabalhos, que toda discussão tem um ponto em comum, a incorporação dos modelos e da modelização ao ensino. Contudo, podemos notar que cada autor tem um foco de trabalho distinto para o tema e que podem inclusive se complementar.

Cupani e Pietrocola (2002) propõem que o desafio para o ensino de física é conseguir que os modelos científicos e o processo de construção destes pela ciência possam ser incorporados pelas pessoas em seu conhecimento individual e que, em determinadas condições, ser

preferidas como representações da realidade. Dessa forma, os autores se preocupam com o papel dos modelos para o conhecimento científico. Para eles é essencial que essas entidades sejam também apresentadas e tratadas em sala de aula. Com esse pensamento, os autores argumentam que é necessário conhecer os processos de produção sob os quais o conhecimento científico é construído, tratando-se então de produzir estratégias capazes de permitir aos alunos o acesso aos processos e produtos da atividade científica.

Para os autores, introduzir o conceito de modelos e a modelização como objeto do ensino de física é possibilitar a alunos e professores compreender a realidade, permitindo desviar do mero aprendizado dos conteúdos (conceitos, leis, princípios etc.) em função de explicações que busquem uma contextualização com o mundo. (CUPANI; PIETROCOLA, 2002).

Nesse sentido ainda, Pietrocola (1999) argumenta:

[...] os modelos são a essência do próprio trabalho científico. Da mesma forma acreditamos que eles devam também o ser para o ensino de ciências, pois ao construir modelos exercita-se a capacidade criativa com objetivos que transcendem o próprio universo escolar. A busca de construir não apenas modelos, mas modelos que incrementem nossas formas de construir a realidade, acrescenta uma mudança de “qualidade” ao conhecimento científico escolar. Existiria, no processo de produção de modelos, a passagem progressiva do real-percebido ao real-idealizado. (PIETROCOLA, 1999, p. 224).

Em síntese, o autor evidencia que os modelos possuem um papel interpretativo do real e que, associado ao ensino, gera uma visão mais profunda sobre a construção do conhecimento científico, sendo que, para Pietrocola (1999), é mister que no ensino de física se trabalhe os conceitos de modelos e de modelização.

Outro enfoque para os conceitos de modelo e modelização pode ser visto em Krapas et. al. (1998). As autoras discorrem, na introdução de seu artigo, sobre o estudo dos modelos mentais, numa perspectiva que pode gerar investigações sobre o raciocínio imagístico e analógico em oposição a uma versão operativa e formal do funcionamento cognitivo. Em seguida, elas apresentam o foco do trabalho, em que o objetivo é traçar um quadro do uso e sentido do conceito de modelo na

literatura internacional em educação em ciências. Seguem abaixo as definições:

- *Modelo mental*: modelo pessoal, construído pelo indivíduo e que pode se expressar através da ação, da fala, da escrita, do desenho.
- *Modelo consensual*: modelo formalizado rigorosamente, compartilhado por grupos sociais, com o propósito de compreender/explicar ideias, objetos, eventos, processos, ou sistemas. Exemplos relevantes para a educação em ciências são os modelos científicos contemporâneos e do passado.
- *Modelo pedagógico*: modelo construído com o propósito de promover a educação.
- *Meta-modelo*: modelo formalizado rigorosamente, compartilhado por grupos sociais, e construído com o propósito de compreender/explicar o processo de construção e funcionamento dos modelos consensuais ou de modelos mentais.
- *Modelagem como objetivo educacional de ensino*: enfatiza a promoção da competência em construir modelos como propósito central de ensino de ciências. (KRAPAS et al., 1998, p. 45-46).

Como resultado, as autoras mostram que, nos anos anteriores à publicação do referido artigo, houve um aumento significativo dos temas *modelagem como objetivo educacional e meta-modelo* como foco de pesquisas na área.

Outro pesquisador que também trabalha com esse tema tão utilizado em nossa área é Hestenes (1987; 1993; 1996). Para o autor, o processo de construção de modelos ou de utilização desses, denominado modelização, deve ser tema central no ensino de física. Hestenes (1993) afirma que são vários os benefícios que a modelização proporciona: o auxílio na identificação de fatores essenciais em determinada situação; a organização de informações complexas de forma sistemática, facilitando o armazenamento, a recuperação e a comunicação dessas informações; e a melhora no planejamento, proporcionando uma maior acessibilidade ao conhecimento científico. Sendo assim, para o autor, o processo que

envolve a modelização capacita alunos e professores para a produção de leituras científicas do mundo atual.

Nosso trabalho aqui proposto tem como um dos focos a modelização, ou seja, em nossa pesquisa, o processo de construção ou apropriação do modelo é o que tem maior relevância. Ressaltamos que na modelização, os licenciandos passam a aprofundar melhor o estudo de determinado ponto do fenômeno. Eles concentram suas atenções sobre um recorte escolhido, um foco de trabalho. Neste momento, pode-se até utilizar alguma teoria universal ou fenomenológica ou mesmo um modelo teórico para uma melhor compreensão do fenômeno, desde que esses auxiliem e que tragam para o trabalho uma fundamentação para o objeto em estudo.

Isso significa que os modelos, as leis e teorias não são dados de antemão aos licenciandos, mas são identificados e utilizados a partir da exploração do tema, servindo como auxílio para a compreensão desses. Os conceitos e processos físicos são coordenados e integrados ao estudo dos fenômenos, evitando que sejam apenas apresentados como produtos descontextualizados.

Dessa forma, o desenvolvimento do PT realizado em INSPE B pode envolver a construção e/ou utilização de modelos, pois após o estabelecimento de um recorte a ser estudado dentro de um tema, focalizando aspectos mais relevantes para determinada investigação, os licenciandos podem construir um modelo que represente uma parte da temática em estudo.

Os modelos construídos pelos licenciandos podem até possuir características mais qualitativas e conceituais, sendo que para desenvolvê-lo de maneira mais precisa pode-se utilizar modelos e teorias científicas em sua fundamentação, com o objetivo de auxiliar na compreensão do fenômeno. Sendo assim, quando dizemos que existe em INSPE B a construção de um modelo, estamos querendo nos remeter a um modelo explicativo e representativo de parte do tema.

Vale dizer também que a modelização empregada na disciplina de INSPE B se difere da perspectiva de Hestenes (1987; 1993; 1996). Para o autor, o processo que envolve a modelização leva em conta o estudo e a exploração de modelos já estabelecidos pela Física como pêndulos, geradores e máquinas térmicas. Dessa forma, esse trabalho se distingue da modelização inerente à disciplina, pois os licenciandos estudam, investigam e trabalham fenômenos com o intuito de construir e/ou utilizar um modelo e não apenas explorar os já estabelecidos pela ciência.

Para Brewe (2008), o processo de modelização proposto por Hestenes (1987) ocorre de acordo com algumas etapas. Para eles, a modelização se inicia com a *representação*. Nesta fase, tem-se uma listagem referente às inúmeras variáveis que se destacam do fenômeno em estudo. Em seguida, tem-se a *coordenação*, na qual se agrupa as variáveis selecionadas de acordo com seus fatores em comum para posterior *aplicação*. Nessa etapa, como o próprio nome já diz, inicia-se a aplicação do conhecimento adquirido do fenômeno, desenvolvendo experiências, habilidades e heurísticas para tirar algumas conclusões. Após isso, passa-se para o processo de *abstração e generalização*, que identifica características gerais, que podem ser utilizadas no estudo de outras situações e que possam dar continuidade ao trabalho.

Como podemos observar, são etapas diferentes das desenvolvidas em INSPE B. Contudo, podemos pensar que depois de cumpridas as três etapas da disciplina (descrição fenomenológica, escolha do recorte e modelização), poderiam se iniciar as etapas propostas por Brewe (2008), pois a partir deste momento pode-se ter um modelo estruturado e que seria interessante continuar a explorá-lo. Isso ainda não é feito em INSPE B, mas poderia potencializar futuras organizações da disciplina.

3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E MATERIAL DE REFERÊNCIA PARA ANÁLISE

Na primeira seção deste capítulo, buscaremos caracterizar nossa investigação como sendo uma pesquisa qualitativa. A partir de um referencial teórico, buscaremos mostrar a razão desse enquadramento e vinculá-lo a nossa pesquisa.

Na segunda seção, apresentaremos um material de referência para os grupos de Efeito Estufa e de Ondas Sísmicas, contendo os passos que esperávamos que os licenciandos realizassem durante a disciplina. Esse é um valioso instrumento, pois será utilizado no próximo capítulo deste trabalho servindo como parâmetro de relação entre o que era esperado que os licenciandos fizessem e o que eles realmente desenvolveram.

Nossa finalidade com esse material não foi de construir um PT para os temas em questão, mas sim apontar pontos importantes e que poderiam ser tratados pelos grupos. Ele foi elaborado após um estudo inicial dos trabalhos entregues pelos licenciandos, com a finalidade de indicar diferentes tratamentos que os temas possibilitavam, bem como os explorados pelos grupos. Sendo assim, não queremos que este seja visto como uma “receita de bolo” a ser seguida ou que nosso material é o correto e que se deva simplesmente ser analisado como um manual. Nossa ideia é que, para o estudo de determinado tema complexo e realista, o material deve apontar os conceitos, processos e parâmetros que precisam ser evidenciados, bem como os caminhos que os grupos poderiam ter percorrido para chegar a algumas considerações sobre o fenômeno.

3.1 PESQUISA QUALITATIVA

A pesquisa qualitativa possibilita um conhecimento mais profundo de determinado contexto que não se deixa apreender somente por descrições matemáticas. Essa abordagem permite descobrir novos conceitos, novas relações, novas formas de entendimento da realidade, novas formas de pensar e de agir. (TRIVIÑOS, 2008).

Nesse tipo de pesquisa, as descrições produzidas fundamentam os conceitos. Essas descrições não são avaliadas como certas ou erradas, nem valorizadas apenas como produto final, mas sim como um instrumento que possibilita a investigação do processo. Descrever algo envolve ação que é dirigida a uma pessoa, um objeto ou uma situação. Diferentemente de uma descrição comum, na pesquisa qualitativa, estabelecem-se critérios para essa atividade. Não é um simples fato de

observar e relatar; envolve uma criticidade controlada que visa a um objetivo de pesquisa. (MARTINS, 2004).

Dessa forma, a pesquisa qualitativa visa explorar e descrever componentes de um sistema complexo. (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Tem como objetivo traduzir fenômenos sociais, como o estudo sobre o processo de fenomenologia e de modelização desenvolvido pelos licenciandos na disciplina de INSPE B, foco deste trabalho.

Segundo Lüdke e André (1986), um estudo qualitativo possui algumas características básicas: a pesquisa qualitativa é desenvolvida no local de origens de dados, em que supõe um recorte temporal/espacial de determinado fenômeno. Esse recorte é de extrema importância, pois é o que define o campo e a precisão em que a pesquisa se desenvolve. Além disso, nesse tipo de pesquisa, existe uma preocupação maior com o processo, no qual os dados coletados são predominantemente descritivos.

Sendo assim, enquadramos nossa pesquisa como sendo qualitativa, pois estamos interessados no processo desenvolvido na disciplina de INSPE B e fizemos um determinado recorte para nossa investigação. Nosso foco de trabalho foi definido pela delimitação dos objetivos de pesquisa (geral e específicos). Assim, buscamos entender melhor o processo de elaboração do PT e identificar as dificuldades e resistências dos grupos no desenvolvimento de seus trabalhos. Dessa forma, destacamos uma parte de uma situação complexa.

Ainda sobre as características da pesquisa qualitativa, Garnica (1997) afirma:

(...) nas abordagens qualitativas, o termo *pesquisa* ganha novo significado, passando a ser concebido como uma trajetória circular em torno do que se deseja compreender, não se preocupando única e/ou aprioristicamente com princípios, leis e generalizações, mas voltando o olhar à qualidade, aos elementos que sejam significativos para o observador-investigador. (GARNICA, 1997, p. 111).

De acordo com a citação, podemos entender essa forma de pesquisa como um enfoque não linear, não seguindo um método único de investigação. Além disso, nesse tipo de pesquisa, não é necessário se fixar em hipóteses iniciais. Essas podem ser modificadas ou até abandonadas no decorrer da pesquisa, a partir da visão do pesquisador,

de uma fundamentação teórica e de novas informações que surgem no decorrer da análise.

No processo de construção da nossa pesquisa, pudemos observar essas proposições. Mesmo tendo hipóteses iniciais com respeito a alguns obstáculos referentes ao tratamento de fenômenos presentes na disciplina (no início dos trabalhos já esperávamos que os grupos apresentassem dificuldades diante das atividades e tarefas propostas em INSPE B), estas foram se transformando ao longo do processo de investigação, pois novas ideias surgiram, levando à reconstrução da fundamentação teórica e da criação de novos critérios de análise.

Dentro desta perspectiva de pesquisa qualitativa, foi feita uma observação em sala de aula que permitiu o acompanhamento da elaboração dos trabalhos dos grupos. Para nossa pesquisa, foi feita uma análise dos diários e dos PTs desenvolvidos pelos grupos de Efeito Estufa e de Ondas Sísmicas na disciplina de INSPE B. A ideia foi de relacionar o trabalho desenvolvido pelos licenciandos com um material de referência que nós desenvolvemos. Este será apresentado na próxima seção e contém pontos que esperávamos que os grupos tivessem apresentado em seus trabalhos.

Também nesta abordagem, iremos tratar nossos dados por meio de uma análise documental, pois entendemos documentos como qualquer tipo de realização produzida pelo homem e que mostram indícios que podem revelar suas ideias e opiniões, no nosso caso os Diários e PTs construídos pelos grupos. (BRAVO, 1991).

Os diários se tornam importantes para nossa análise por alguns fatores. Neles, os licenciandos registraram cada etapa do trabalho, que era um passo necessário para que eles próprios tivessem parâmetros para medir a evolução do projeto; este registro deveria também contribuir para a construção do texto final do projeto; o diário deveria ter não apenas as propostas finais, mas o percurso que o grupo estava seguindo e pretendia seguir; deveria, ainda, conter as questões que serviriam como norteadoras para a exploração do tema.

Além disso o professor, na qualidade de orientador, partia em geral dos diários, discutindo os registros e orientando o trabalho futuro. Sendo assim, o diário permitiu que ele avaliasse o trabalho de cada grupo e de cada indivíduo. O professor, embora pudesse ter acesso, com frequência, a esses registros, evitou uma avaliação mais constante, para que os diários fossem mais livres e pudessem refletir de forma mais fidedigna o desenrolar do grupo.

Vale destacar também que durante o desenrolar da disciplina, os grupos solicitaram algumas vezes a utilização do horário de aula para

desenvolverem o projeto separadamente, para consultas na biblioteca ou no laboratório de demonstrações. Houve ainda um problema com a frequência nem sempre constante de todos os membros dos grupos. Isso, de certa forma, dificultou bastante a observação direta e o acompanhamento.

Sendo assim, os diários e os PTs podem ser tratados como fonte principal para nossa análise. Apesar de nos atermos a esses registros, é importante dizer que a leitura e análise deles está de certa forma influenciada pela observação em sala de aula e pelas conversas com os grupos.

3.2 MATERIAL DE REFERÊNCIA PARA ANÁLISE DOS TRABALHOS DESENVOLVIDOS PELOS GRUPOS

3.2.1 Efeito Estufa

O Efeito Estufa está associado a um processo físico simples e fundamental. Temos um sistema aberto, cuja temperatura (equilíbrio térmico) é definida graças ao balanço entre a energia que é injetada nele e a energia que ele libera para o exterior. Esse processo físico ocorre também nas estufas de flores e jardins, daí o nome para o fenômeno¹⁴. As estufas são ambientes criados para manter a temperatura, a umidade e garantir a radiação adequada para as plantas.

Em uma descrição fenomenológica sobre o tema, podemos identificar este processo de balanceamento. Nesta descrição, os atores devem ser apresentados como o ambiente natural onde ocorre o fenômeno (superfície da Terra e atmosfera), a radiação e as fontes de energia. A apresentação do processo pode então levar às questões sobre quais mecanismos são responsáveis pela temperatura terrestre e se seriam estes mecanismos naturais e/ou gerados pela ação do homem.

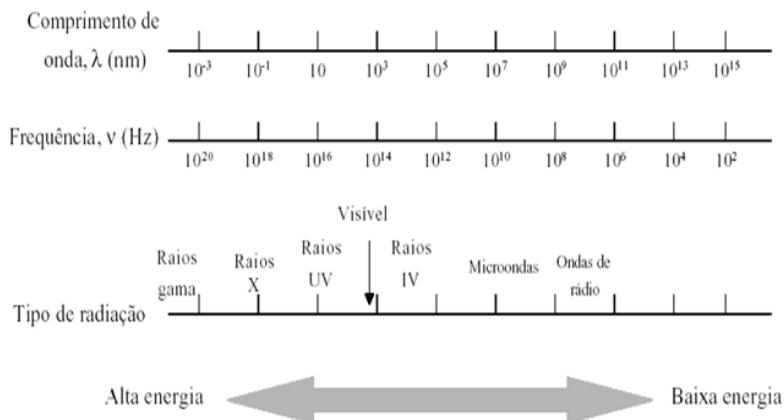
¹⁴ No início do século XIX, Jean Baptiste Joseph Fourier foi o primeiro a perceber que a atmosfera terrestre funciona como uma grande estufa. A partir desse momento, o fenômeno recebe o nome de Efeito Estufa em analogia às estufas agrícolas, feitas em sua maioria de vidro. O vidro permite a passagem de parte da radiação proveniente do Sol, que entra em contato com o solo e esse reemite uma parte, na forma de infravermelho. Essa faixa não consegue atravessar o vidro, ficando confinada e estabelecendo uma determinada temperatura média. (BRASIL, 2011; HEWITT, 2002).

Para essa descrição, iremos primeiro buscar uma compreensão sobre o tema de maneira global. Para isso podemos inicialmente nos perguntar: qual a forma de energia proveniente do Sol?

A energia vinda do Sol pode se dividir em dois grupos: radiação eletromagnética e raios cósmicos. (MOURÃO, 2000). Para o estudo do Efeito Estufa, vamos nos concentrar na radiação eletromagnética (usaremos o termo radiação), pois os raios cósmicos são impedidos, em sua maioria, pelo campo magnético terrestre de alcançarem a superfície. Sendo assim, podemos tratar apenas da radiação. Daí surgem outras perguntas: quais as faixas de radiação emitidas pelo Sol? E qual parcela dessas chega à Terra?

A radiação emitida por essa estrela abrange todo o espectro eletromagnético (Figura 3). Isso significa que o Sol emite radiação nas frequências que vão desde raios gama, raios X até ondas de rádio. (ECHER et al., 2001).

Figura 3 - Espectro eletromagnético.

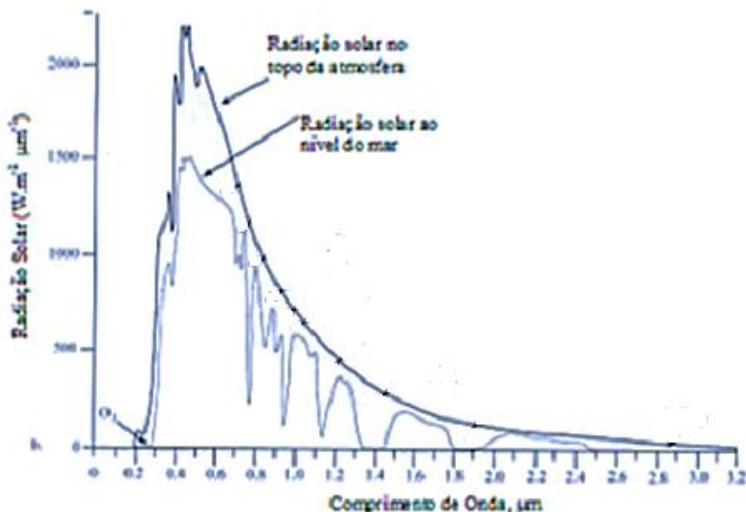


Fonte: Pina et al. (2010).

O Sol tem uma temperatura superficial de aproximadamente 5800K e, como todo corpo, a uma dada temperatura, emite radiação, semelhante a um corpo negro. Isso pode ser percebido na figura abaixo ao observarmos a linha de cima do gráfico, referente à “radiação solar no topo da atmosfera”. A distribuição dessa radiação reflete a temperatura dessa estrela e tem um pico na região que se concentra entre

uma parte do ultravioleta e uma parte do infravermelho (aproximadamente entre $0,3 \mu\text{m}$ e $0,8 \mu\text{m}$), sendo que a maior parcela está na faixa da luz visível, de $0,4$ a $0,7 \mu\text{m}$.

Figura 4 - Radiação solar.

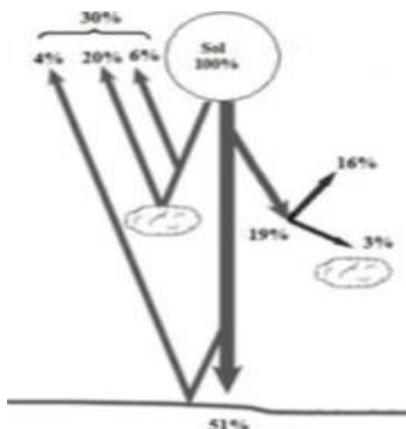


Fonte: Adaptado de Pina et al. (2010).

Nessa figura, também presente em vários textos e na internet, podemos perceber que parte da radiação que chega ao topo da atmosfera não é transmitida, ou seja, não alcança a superfície terrestre. Isso pode ser visto a partir da diminuição do pico do gráfico quando se compara os pontos equivalentes ao topo da atmosfera e o nível do mar, por exemplo, na faixa com comprimentos de onda menores que $0,3 \mu\text{m}$, que corresponde a radiações mais energéticas.

Ainda com o intuito de buscar respostas para nossa segunda pergunta, podemos observar a figura abaixo que mostra o quanto foi absorvido e refletido da energia proveniente da radiação solar.

Figura 5 - Balanço energético Sol/Terra.



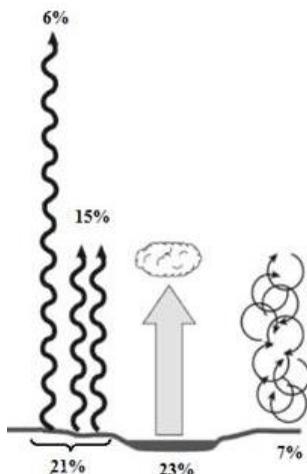
Fonte: Adaptado de Pina et al. (2010).

De 100% da radiação emitida pelo Sol que chega até nossa atmosfera, 30% são refletidas diretamente de volta para o espaço. Desse valor, temos 6% devido à atmosfera terrestre, 20% pelas nuvens e 4% pela superfície. Os outros 70% que são fornecidos pelo Sol são absorvidos pela Terra. Desses, 51% são absorvidos pela superfície e 19% pela atmosfera. Desses, 19% absorvidos pela atmosfera, 3% são devidos às nuvens e o restante por causa das moléculas que constituem nossa atmosfera. Essa é uma média anual e que pode mudar de acordo com o local ou o período em questão, mas para nosso entendimento global é suficiente. (PINA et al.; 2010).

Para nossa descrição, vamos separar esses dados em dois grupos, a parte refletida e a absorvida. A primeira constitui o que chamamos de albedo terrestre. Esse pode ser definido como a medida da refletividade de radiação solar pela Terra, ou seja, quanto maior for o albedo terrestre, uma maior taxa de radiação será refletida, conseqüentemente teremos uma menor quantidade absorvida. (VEIGA, 2008). Esse é um parâmetro importante para o entendimento do Efeito Estufa, pois é a absorção da radiação pelo planeta que define a temperatura deste. Podemos então dizer que se uma quantidade maior de radiação for refletida, maior será o albedo e isso ocasionará uma diminuição da temperatura da Terra. Essa modificação pode ser causada naturalmente ou por influência do homem, ao modificar a atmosfera e a superfície terrestre.

No segundo grupo, temos a taxa absorvida de radiação pela Terra. Nesse caso, temos que 21% da energia absorvida é reemitida através da radiação, especificamente na faixa de infravermelho e 30% se dissipa na forma de calor, através da condução, convecção e evaporação. Veja a figura abaixo:

Figura 6 - Balanço energético Terra.



Fonte: Adaptado de Pina et al. (2010).

Retirando os dados fornecidos da figura, podemos ver que dos 21% reemitidos na faixa de infravermelho, 6% voltam diretamente para o espaço e 15% são absorvidos pela atmosfera. Dos 30% que se dissipam na forma de calor, 7% se propagam por meio da condução e convecção na superfície e os outros 23% referem-se aos processos de mudanças de fase da água. (PINA et al.; 2010).

Diante dessas considerações iniciais, podemos deduzir que, se esse equilíbrio de reflexão/absorção de radiação for quebrado, pode interferir no Efeito Estufa e, conseqüentemente, no clima terrestre. Esse é mais um aspecto que pode ser tomado como foco do trabalho, buscando informações sobre possíveis causas naturais e antropogênicas para a modificação climática. Em nossa abordagem, não iremos tratar especificamente disso, mas deixaremos apontamentos para esse trabalho.

Feita a descrição fenomenológica do tema, vamos fazer um recorte possível para investigar determinado aspecto do tema. Podemos explorar o Efeito Estufa a partir da construção de um modelo para a superfície e a atmosfera (modelo de duas camadas)¹⁵. Iremos construir um quadro aproximado, em que temos a energia da radiação solar que entra no sistema, a energia que emana da Terra e no meio do caminho a atmosfera, que recebe energia do Sol e troca energia com a superfície terrestre. O balanço entre a energia que entra e a que sai estabelece as temperaturas da atmosfera e da superfície da Terra.

Vamos estabelecer então os parâmetros de um modelo:

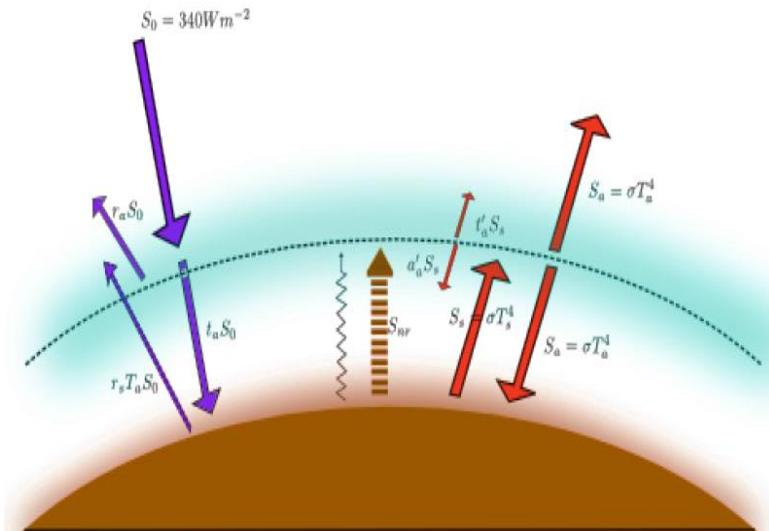
- Vamos considerar duas camadas com temperaturas definidas e homogêneas: a superfície da Terra e a atmosfera.
- Vamos considerar a radiação solar que chega até a Terra predominantemente na região do visível e do ultravioleta, como dissemos anteriormente. Podemos também dizer que o fluxo de energia por unidade de área e de tempo que alcança e é distribuído pela superfície da Terra é $S_0 = 340W/m^2$. Por conveniência e para ficar de acordo com a literatura, vamos chamar toda a faixa da energia incidente do Sol como ondas curtas (OC). Parte dessa energia será refletida pela atmosfera, parte absorvida e parte transmitida.
- Para descrever a interação da radiação de OC com a atmosfera, teremos os seguintes parâmetros: ra , coeficiente de reflexão de OC na atmosfera e ta , coeficiente de transmissão de OC através da atmosfera.
- Interação de OC que passa pela atmosfera e atinge a superfície: a reflexão na superfície será descrita pelo coeficiente rs (neste modelo, não iremos considerar a múltipla reflexão).
- A radiação absorvida pela superfície, mais os processos internos da Terra e as perdas de energia por radiação ou por processos como condução ou convecção determinam a temperatura da superfície. Esta pode ser pensada como um corpo negro a uma temperatura (próxima a 250K) que emite predominantemente na faixa do infravermelho (ondas longas). A atmosfera também numa faixa de temperaturas similar emite e absorve predominantemente ondas longas. A interação da superfície

¹⁵ Este modelo e a figura 7 foram desenvolvidos pelo prof. Dr. Frederico Firmo de Souza Cruz com base em Foong (2006) e Knox (1999). Eles estão presentes em um artigo ainda não publicado.

com a atmosfera se dá, portanto, através da radiação infravermelho e por outros aspectos, como a condução, a convecção e a evaporação. Esses processos podem ser estimados por meio dos seguintes parâmetros: $a'a$, coeficiente de reflexão do infravermelho pela superfície na atmosfera; $t'a$, coeficiente de transmissão do infravermelho para fora da atmosfera; S_{nr} , fluxo de energia média por unidade de área transferido da Terra para a atmosfera através de outros processos.

Neste modelo de duas camadas (superfície-atmosfera), as temperaturas das duas superfícies, Terra e atmosfera, são definidas pelo equilíbrio, isto é, pelo balanço da energia que entra e que sai nas duas camadas. Como as superfícies estão a uma dada temperatura, podemos estimar a quantidade de radiação que elas emitem utilizando a lei de Stefan-Boltzmann: $S_s = \sigma T_s^4$, $S_a = \sigma T_a^4$.

Figura 7 - Fluxo de energia na Terra



O balanço energético determina os valores das temperaturas, T_s e T_a :

$$\begin{aligned} & \text{fluxo de energia incidente} = \text{fluxo de energia emitida} \\ S_0 &= r_a S_0 + t_a S_s + S_a \quad (\text{balanço logo acima da atmosfera}) \\ t_a S_0 + a_a S_s + S_a &= r_{sta} S_0 + S_{nr} + S_s \quad (\text{balanço logo acima da} \\ & \text{superfície}) \end{aligned}$$

Esse modelo permite estimar as temperaturas em função dos coeficientes de reflexão e transmissão. Estes, por sua vez, são definidos pela composição da atmosfera, isto é, dos gases gerados naturalmente ou artificialmente pela produção humana. Nos parâmetros, tem-se, portanto, os aspectos principais do Efeito Estufa. Por exemplo, neste modelo o efeito de poluentes na temperatura pode ser estimado modificando os coeficientes de reflexão e absorção. Este modelo poderia ser sofisticado, levando em conta as múltiplas reflexões, uma discussão mais aprimorada das trocas de energia por outros processos que não envolvem radiação.

Os dados desse modelo estão acessíveis em vários textos da internet, artigos e até em alguns livros-texto. Mas um aspecto essencial é que um olhar mais atento aos gráficos apresentados neste material de referência seria suficiente para indicar um caminho e para extrair os parâmetros mais fundamentais, assim como a essência do Efeito Estufa que está ligado ao balanço entre energia incidente e emitida. Para este trabalho, o que é relevante é mostrar como a temática possibilita a construção de um modelo simples, que tem muita profundidade e que se baseia numa problematização a partir de dados que estão presentes nos gráficos e nas figuras apresentadas.

Voltando à escolha do recorte, podemos optar por outro foco de trabalho, que inclusive foi escolhido pelos alunos. Pode-se buscar uma compreensão mais profunda sobre a interação da radiação com a atmosfera. Para isso, façamos outros questionamentos: Qual a composição da atmosfera? Quais os tipos de radiação que são absorvidos por ela?

Para responder essas perguntas, podemos primeiro buscar o entendimento sobre a atmosfera e suas camadas definidas por composições diferentes. Por meio da literatura, iremos ver que a atmosfera é constituída principalmente por moléculas de água, nitrogênio, oxigênio, ozônio, gás carbônico e óxido nítrico. (ECHER et al., 2001).

Entre 80 km e 900 km de altitude, a partir da superfície terrestre, temos a ionosfera. Esta é composta basicamente de nitrogênio e

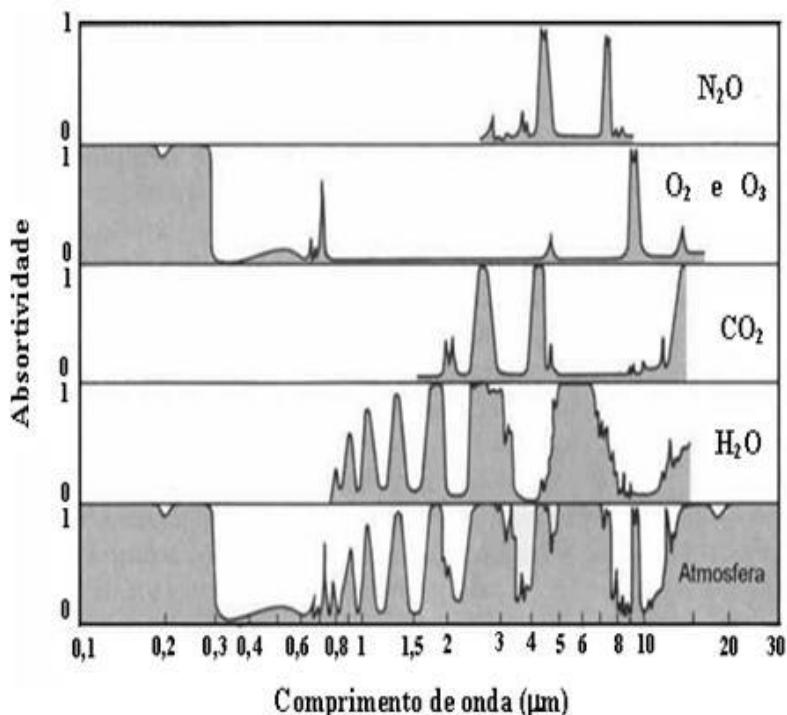
oxigênio, que ao absorverem radiações com menores comprimentos de onda (raios gama, raios X e ultravioleta), emitem elétrons. Sendo assim, essa camada é formada basicamente de íons positivos e elétrons. (GRIMM, 1999). A ionosfera é uma camada de extrema importância, pois a radiação mais energética e que poderia causar danos à vida na Terra é absorvida por ela. Se voltarmos à Figura 4, podemos observar que realmente a faixa de radiação ao lado esquerdo (menor comprimento de onda) do gráfico não chega à superfície terrestre.

Mais abaixo da ionosfera, cerca de 20 até 40 km de altura, temos a camada rica em ozônio (camada de ozônio), que se localiza na parte superior da estratosfera. Essa camada absorve grande parte da radiação ultravioleta, impedindo que seja transmitida à superfície, o que também seria prejudicial para a evolução da vida. (TAVARES; SANTIAGO, 2002).

Uma parte menos energética da radiação ultravioleta e a luz visível penetram a troposfera (até 12 km). Nessa camada, uma parcela da radiação é absorvida, outra refletida e aproximadamente 50% chegam à superfície terrestre, sendo absorvidas pelos sólidos e líquidos. Esses, como já dissemos, reemitem essa energia na forma de radiação infravermelha e calor. (MOURÃO, 2000).

A figura abaixo nos auxilia a compreender essas absorções da radiação pelas diferentes camadas da atmosfera, composta por diferentes gases.

Figura 8 - Absorção da radiação pelos gases da atmosfera.



Fonte: Pina et al. (2010).

Como podemos observar, o oxigênio e o ozônio presentes na ionosfera e na estratosfera absorvem grande parte das radiações com menor comprimento de onda. Já os outros gases presentes na troposfera absorvem grande parte da radiação infravermelha, especialmente as moléculas de água. Isso é essencial para entender o Efeito Estufa, pois grande parte dessa camada é formada por vapor de água.

Outros pontos interessantes podem ser percebidos nessa figura. O primeiro é que podemos dividi-la em duas. Do lado esquerdo (até 1,5 μ m) temos predominantemente radiação oriunda do Sol, enquanto o lado direito é formado por radiação que foi reemitida pela superfície e está sendo absorvida pelos gases da atmosfera. Esse fato pode ser observado ao analisarmos novamente a Figura 4, pois perceberemos que a quantidade de radiação com comprimento maior que 1,5 μ m proveniente do Sol é bem pequena. Sendo assim, podemos concluir que a radiação destacada no lado direito da figura acima tem como fonte a superfície terrestre. O segundo ponto é que a luz visível, que vai de

0,4 μ m a 0,7 μ m, é praticamente transmitida pelos gases, não interagindo e alcançando totalmente a superfície terrestre. Esse detalhe também apresentamos anteriormente, quando analisamos o gráfico da Figura 4.

Uma continuidade interessante originada das questões envolve um aprofundamento da interação da radiação com a atmosfera e com os gases do Efeito Estufa. Isso envolveria a construção de um modelo para atmosfera, com suas propriedades, composições etc., bem como um modelo para a interação da radiação com a matéria. Essa interação poderia ser tratada macroscopicamente a partir de um enfoque fenomenológico, utilizando, por exemplo, a lei de Beer-Bouguer-Lambert que permitiria mostrar como se pode calcular as taxas de absorção. Essa lei mostra que podemos quantificar e o tipo de radiação absorvida, associando a espessura e a composição de cada camada. (ECHER et al., 2001).

A partir de dados da literatura, pode-se obter esses valores e o que leva a compreender melhor o papel dos gases da atmosfera e da interação de determinadas faixas de radiação com ela. No artigo que utilizamos como referência, de Echer et al. (2001), os autores demonstram um exemplo de como esta lei poderia ser aplicada para determinada faixa de radiação.

A fenomenologia da lei de Beer-Bouguer-Lambert pode ainda ser justificada por uma teoria eletromagnética, na qual a relação com o índice de refração fica clara e pode ser associada à teoria da dispersão da luz, utilizando um modelo clássico para a matéria. Através dele, pode-se explicar que as diferentes temperaturas das camadas da atmosfera correspondem a diferentes taxas de absorção devido à diferença de composição, e isso também afeta de forma diferente as diversas frequências da radiação solar.

No final desse trabalho, pode-se concluir que a modificação nas taxas de emissão e absorção de radiação pelos gases da atmosfera pode alterar se a composição for modificada pela ação do homem.

Uma outra vertente é buscar uma análise microscópica, de natureza quântica, para a interação da radiação com a matéria. Esta poderia levar à discussão dos espectros rotacionais e vibracionais das moléculas. É importante frisar que focar a interação da radiação com a matéria a partir de uma teoria quântica permite explicar as taxas de absorção, mas isso não é suficiente para se obter previsões sobre o Efeito Estufa. Obviamente um melhor cálculo sobre os coeficientes de absorção e reflexão permite uma melhor compreensão sobre as taxas e, com isso, pode-se checar os parâmetros dos modelos mais globais e macroscópicos, como o modelo de duas camadas. Isso significa que uma

teoria quântica para a interação da radiação com a matéria não é suficiente para uma explicação do Efeito Estufa. No que concerne ao nosso trabalho, isso será importante para perceber nos alunos se escolhas microscópicas não refletem uma crença que só teorias desse nível têm a explicação fundamental.

3.2.2 Ondas Sísmicas

Uma das catástrofes naturais mais destrutíveis, devido ao número de mortos e danos materiais que origina, é causada pelos sismos. Alguns desses têm chegado a tirar milhares de vidas e suas devastações têm-se sentido em áreas que abrangem centenas de milhares de quilômetros quadrados. (MIRANDA et al., 2013).

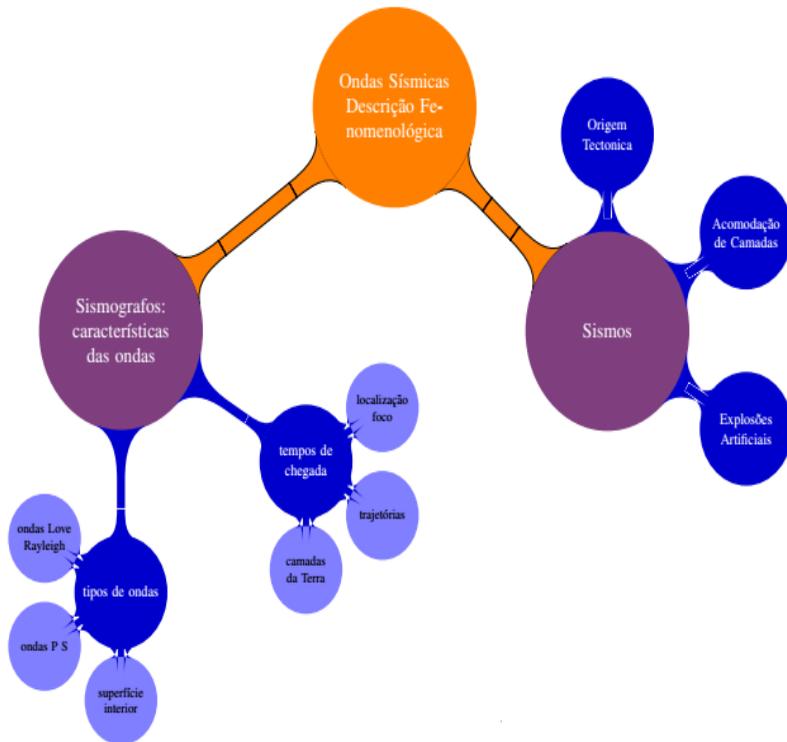
Todo meio material possui uma certa elasticidade, ou seja, se ele for deformado por uma determinada força, ele volta ao seu estado natural. Contudo, quando o meio fica sujeito a um esforço que ultrapassa seu limite elástico, ele pode se romper. No caso disso acontecer na estrutura terrestre, temos a provocação de um movimento denominado de sismo. (MOLINA, 2012).

A energia liberada por um sismo é transmitida na forma de ondas sísmicas. Essas são formadas devido a causas naturais ou produzidas pelo homem, como deslocamento de placas tectônicas, acomodações de rochas e também explosões. O ponto inicial dessa ruptura é chamado de foco ou hipocentro e sua projeção na superfície é o epicentro. (ASSUMPCÃO; DIAS NETO, 2000). A partir do hipocentro a energia é liberada e propaga-se do interior da Terra como um corpo de ondas.

Entendemos que este tema permite seguir por alguns caminhos de exploração, sendo que, dependendo dos critérios escolhidos, esses poderiam ser selecionados como o foco do trabalho.

Neste material, não iremos apresentar uma descrição fenomenológica como fizemos para o Efeito Estufa. Pensamos que isso não se faz necessário, pois o que construímos antes já nos serve como parâmetro para entender como esperávamos que fosse feita a análise dos fenômenos. Mesmo em se tratando de um tema distinto, podemos dizer que a exploração a ser seguida é equivalente para os dois. Dessa forma, iremos apresentar e nos debruçar em um esquema, que permite apontar os aspectos mais relevantes, bem como indicar dois caminhos possíveis a serem seguidos. Segue abaixo:

Figura 9 - Esquema para exploração das ondas sísmicas.



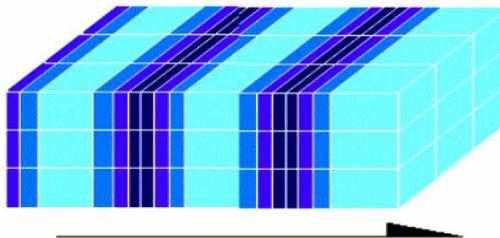
O esquema parte da fenomenologia das ondas sísmicas, que se baseia em dois aspectos principais: a produção das ondas e as características das ondas, sendo que a produção está sintetizada no bloco sismos e as características estão vinculadas ao bloco sismógrafos.

Entendemos que os sismógrafos são de extrema relevância para a exploração das ondas sísmicas, pois a partir dos gráficos traçados por esses aparelhos podemos compreender melhor a estrutura terrestre, os tipos de ondas sísmicas e as propriedades relacionadas a essas. (OBSERVATÓRIO SISMOLÓGICO, 2013). Para o estudo deste percurso de investigação, fazemos alguns questionamentos: Quais os tipos de ondas sísmicas? E como podemos diferenciá-las?

A partir da literatura na área, podemos dividir as ondas sísmicas em dois grupos: Ondas de Corpo ou Volume e Ondas de Superfície. (MIRANDA et al., 2013). Neste material, iremos distinguir essas ondas por meio de suas formas de vibração e propagação.

As primeiras citadas acima podem ser separadas em dois tipos, ondas primárias (Ondas – P) e secundárias (Ondas S). As ondas primárias são ondas longitudinais, vibram na mesma direção em que se propagam, isto é, o meio se comprime e distende ao longo de sua propagação.

Figura 10 - Ondas primárias.

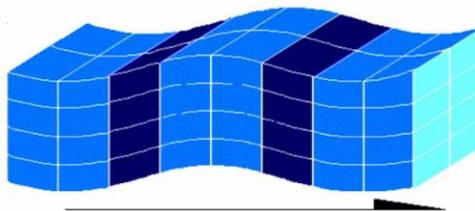


Fonte: Molina (2012).

Na figura, a parte mais escura simboliza a máxima compressão do meio e a parte mais clara refere-se à distensão. Como podemos observar, este tipo não modifica a forma do meio, mas altera seu volume durante a passagem da onda.

Já as ondas secundárias são transversais, ou seja, vibram em direção perpendicular à propagação.

Figura 11 - Ondas secundárias.



Fonte: Molina (2012).

Como podemos observar na figura acima, nesse tipo de onda temos uma alteração da forma do meio, mas sem alterar o volume (as partes claras e escuras são equivalentes). Os esforços que originam essas ondas são conhecidos como tensões de cisalhamento. (SHARMA, 1997).

Figura 12 - Tensões de cisalhamento.

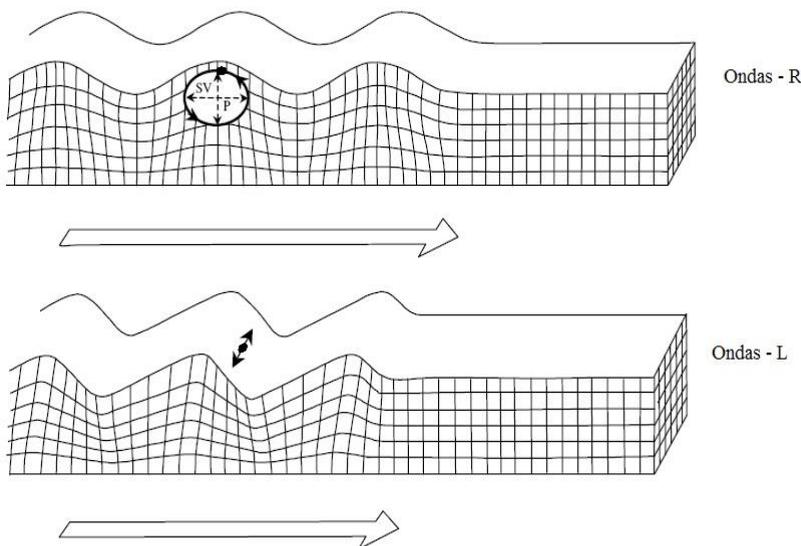


Fonte: Biouniverso (2013)

As tensões desse tipo são paralelas ao meio e atuam em sentidos contrários. Esse tipo de tensão está relacionado ao tipo de material, ocorrendo somente em sólidos. (VITORINO, 2010).

Na superfície, essas duas ondas ainda podem se combinar, formando o segundo grupo de ondas que mencionamos anteriormente, as ondas de superfície. Neste caso, temos dois novos tipos: as ondas Rayleigh (Ondas - R) e as ondas Love (Ondas - L). As primeiras são formadas pela união de uma Onda - S com uma Onda - P e as ondas Love são formadas pela união de Ondas - S. (MOLINA, 2012).

Figura 13 - Ondas de superfície.



Fonte: Adaptado de Molina (2012).

Observando a figura acima, podemos perceber que as Ondas - R se propagam como ondas na superfície da água, ou seja, provocam uma vibração no sentido contrário à propagação, descrevendo uma órbita elíptica. Já nas Ondas - L, as partículas vibram na horizontal e lateralmente em sentido perpendicular à direção de propagação da onda.

A partir dessa descrição inicial sobre os tipos de ondas sísmicas, pode-se ainda procurar entender melhor a velocidade de propagação destas. Façamos então novos questionamentos, agora mais específicos: Quais as velocidades dos diversos tipos de ondas sísmicas? Quais propriedades relacionam-se a essas velocidades?

Na busca de respostas para as perguntas, vamos enfatizar as ondas de corpo e volume. Podemos relacionar a velocidade de propagação dessas ondas com a densidade e a rigidez do material. Semelhante ao estudo de uma onda se propagando em uma corda, podemos dizer que quanto maior a densidade, menor será a velocidade. Já a rigidez do material se relaciona à velocidade de maneira oposta, ou seja, quanto maior a rigidez do material, maior será a velocidade das ondas. (MOLINA, 2012).

De acordo com Brunetta (2005), as velocidades das Ondas - P e das Ondas - S são relacionadas a α e β , respectivamente, onde:

$$\alpha = \{(\lambda + 2\mu)/\rho\}^{1/2}$$

$$\beta = (\mu/\rho)^{1/2}$$

Sendo que μ é a rigidez, ρ é a densidade e λ está relacionado à elasticidade do meio. Dividindo uma equação pela outra, temos:

$$\gamma^2 = \frac{\beta^2}{\alpha^2} = \frac{\mu}{\lambda + 2\mu}$$

Uma vez que a elasticidade é sempre um número positivo e o numerador da equação vai ser sempre menor que o denominador, podemos concluir que a velocidade de propagação das ondas primárias (α) é maior que a das secundárias (β).

Outro fator que podemos observar é que para os líquidos e gases a rigidez do material é igual a zero ($\mu = 0$). Isso significa que, voltando a observar a equação para as Ondas – S, perceberemos que a velocidade será zero ($\beta = 0$). Como tínhamos dito antes, esse tipo de onda se origina por meio de tensões de cisalhamento, sendo que esta não ocorre em líquidos e gases, somente em sólidos.

Dessa forma, podemos compreender que o meio é de extrema relevância para o estudo sobre as velocidades das ondas sísmicas. Sendo assim, podemos ainda buscar uma compreensão mais profunda do meio em que as ondas se propagam, pois a exploração desse aspecto pode levar à construção de um modelo para o interior da Terra.

Para as ondas sísmicas temos um meio heterogêneo, mas que podemos supor esse como sendo formado por camadas homogêneas, especificando corretamente a espessura, a densidade e a elasticidade dessas camadas. Outra suposição que deve ser feita é a da propagação elástica das ondas sísmicas através dele, pois assim poderemos associar as partículas do meio a um movimento harmônico simples, em que a energia transmitida é puramente de natureza ondulatória. (MOLINA, 2012).

Quando as ondas sísmicas passam de uma camada para outra, essas sofrem uma descontinuidade. Esse é um fenômeno semelhante ao da passagem da luz por diferentes meios, ou seja, altera a trajetória e a

velocidade da onda, sendo que para as ondas sísmicas essas não são retilíneas e sim curvilíneas. (VITORINO, 2010).

Esse acontecimento é conhecido como refração e, a partir da Lei de Snell, pode-se entender melhor as diferentes camadas da estrutura terrestre, composta por diferentes densidades. Não faremos aqui esse estudo, mas deixamos como referência o texto de Miranda et al. (2013), que demonstra isso de maneira bem simples.

Podemos assim dizer que uma exploração maior dos fatores apresentados acima, como velocidade, propriedades do meio e características das ondas, permite definir a localização do hipocentro, podendo levar a um apontamento sobre as trajetórias e os tempos de chegada para as ondas sísmicas.

Já o segundo caminho possível, e que está expresso na Figura 10, é sobre os Sismos. Acreditamos que entender melhor a origem dos sismos seria um interessante percurso a ser seguido, destacando principalmente suas causas e intensidade.

Grande parte dos tremores ocorridos em nosso planeta são tão fracos que apenas aparelhos de medição sofisticados são capazes de percebê-los, contudo há alguns com força suficiente para causar sérios danos. Anualmente, são divulgados cerca de 3000 sismos pelo Centro Internacional Sismológico. Aproximadamente 90% desses têm origem no deslocamento de placas tectônicas, enquanto os 10% restantes se devem a atividades vulcânicas, colapso de cavernas subterrâneas e explosões causados pelo homem. (MOLINA, 2012).

A intensidade é um parâmetro que está diretamente relacionada ao sismo, sendo que esta permite avaliar os efeitos visíveis provocados pela passagem de uma onda sísmica num certo local. Para isso, leva-se em conta os efeitos produzidos em pessoas, objetos e estruturas. (ASSUMPTÃO; DIAS NETO, 2000). Para se medir a intensidade, Giuseppe Mercalli construiu, no início do século passado, uma escala com a intenção de comparar os danos produzidos pelas ondas sísmicas. Apesar de uma ligeira modificação durante os anos, ela continua sendo muito utilizada. Vejamos a figura abaixo:

Figura 14 - Escala de Mercalli.

Grau	Descrição dos Efeitos
I	Não sentido. Leves efeitos de período longo de terremotos grandes e distantes.
II	Sentido por poucas pessoas paradas, em andares superiores ou locais favoráveis.
III	Sentido dentro de casa. Alguns objetos pendurados oscilam. Vibração parecida à do passageiro de um caminhão leve. Duração estimado. Pode não ser reconhecido com um abalo sísmico.
IV	Objetos suspensos oscilam. Vibração parecida o da passagem de um caminhão pesado. Janelas, louças, portas fazem barulho. Paredes e estruturas de madeira rangem.
V	Sentido fora de casa, direção estimada. Pessoas acordam. Líquido em recipiente é perturbado. Objetos pequenos e instáveis são deslocados. Portas oscilam, fecham, abrem.
VI	Sentido por todos. Muitos se assustam e saem às ruas. Pessoas andam sem firmeza. Janelas, louças quebrados. Objetos e livros caem de prateleiras. Reboco fraco e construção de má qualidade racham.
VII	Difícil manter-se em pé. Objetos suspensos vibram. Móveis quebram. Danos em construção de má qualidade, algumas trincas em construção normal. Queda de reboco, ladrinhos ou tijolos mal assentados, telhas. Ondas em piscinas. Pequenos escorregamentos de barrancos arenosos.
VIII	Danos em construções normais com colapso parcial. Algum dano em construções reforçadas. Queda de estuque e algaris muros de alvenaria. Queda de chaminés, monumentos, torres e caixas d'água. Galhos quebram-se das árvores. Trincas no chão.
IX	Pânico geral. Construções comuns bastante danificadas, às vezes colapso total. Danos em construções reforçadas. Tubulação subterrânea quebrada. Rachaduras visíveis no solo.
X	Maioria das construções destruídos até nas fundações. Danos sérios a barragens e diques. Grandes escorregamentos de terra. Água jogada nas margens de rios e canais, Trilhos levemente entortados.
XI	Trilhos bastante entortados. Tubulações subterrâneas completamente destruídos.
XII	Destruição quase total. Grandes blocos do racha deslocados. Linhas de visada e níveis alterados. Objetos atirados ao ar.

Fonte: Adaptado de Assunção e Dias Neto (2000).

Como podemos observar, é uma escala bastante subjetiva que vai depender dos critérios de cada observador. Por outro lado, de maneira quantitativa, podemos analisar a intensidade por meio da magnitude da onda. Este é um parâmetro obtido experimentalmente por meio da medida das amplitudes das ondas sísmicas por meio de um sismógrafo. (MOLINA, 2012).

Em 1935, Charles F. Richter construiu uma escala de magnitude que leva seu nome (Escala Richter). Seu princípio básico é que as magnitudes são expressas em escalas logarítmicas e, para cada ponto da escala, esta corresponde a dez vezes a amplitude das ondas. (ASSUMPTÃO; DIAS NETO, 2000).

São várias as fórmulas encontradas na literatura correspondentes a essa escala, que vão depender dos tipos de ondas que se quer medir. De acordo com Molina (2012), para grandes distâncias e para ondas de superfície, temos:

$$M_S = \log_{10} \left(\frac{A_S}{T} \right) + 1.66 \log_{10} \Delta^{\circ} + 3.3$$

Onde A_s é a amplitude máxima, T é o período de oscilação e Δ° é a distância epicentral, em graus (ângulo entre o epicentro e a estação em que se encontra o sismógrafo).

Observando a equação, podemos perceber que esta não possui limite para as medidas, podendo ser feita para tremores mais fracos e mais fortes, sendo que as que possuem maior amplitude e menor período de oscilação apresentam maior magnitude, conseqüentemente, provocando maior destruição.

Figura 15 - Escala Richter.

Magnitude Richter	Efeitos
Menor que 3,5	Geralmente não sentido, mas gravado.
Entre 3,5 e 5,4	Às vezes sentido, mas raramente causa danos.
Entre 5,5 e 6,0	No máximo causa pequenos danos a prédios bem construídos, mas pode danificar seriamente casas mal construídas em regiões próximas.
Entre 6,1 e 6,9	Pode ser destrutivo em áreas em torno de até 100 km do epicentro.
Entre 7,0 e 7,9	Grande terremoto. Pode causar sérios danos numa grande faixa.
8,0 ou mais	Enorme terremoto. Pode causar graves danos em muitas áreas mesmo que estejam a centenas de quilômetros.

Fonte: Ecalculo (2009)

Como podemos perceber na figura, abaixo de 5,4 temos tremores, mas que dificilmente causam danos. Já acima de 7,0, provavelmente teremos um grande poder de destruição. As maiores magnitudes registradas no século passado chegaram a 8,5, no Himalaia em 1920 e 1950, e no Chile em 1960. (ASSUMPCÃO; DIAS NETO, 2000).

Neste estudo, a partir da literatura na área, pode-se identificar as diferentes placas tectônicas e como os deslocamentos dessas podem gerar sismos com alta magnitude, sendo possível construir um modelo para a produção de ondas sísmicas, que permitiria até fazer previsões sobre terremotos. Neste trabalho, pode-se ainda fazer um levantamento histórico dos diversos desastres causados pelas ondas sísmicas e como a ciência auxilia na construção de conhecimento a fim de prevenir novas catástrofes.

Vale ressaltar que nossa ideia com este material não é de construir um PT para os grupos, mas sim de apontar os diferentes conceitos e processos físicos presentes no tema, bem como os distintos percursos que os grupos poderiam desenvolver. Dessa forma, o material

de referência nos apresenta uma ferramenta essencial para analisarmos os Diários e PTs construídos pelos grupos, procurando estabelecer lacunas em seus trabalhos, na busca de identificar dificuldades e resistências apresentadas por eles. Essa análise será feita no próximo capítulo.

4 ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo, iremos tratar dos nossos dados. Esses foram retirados dos Diários e PTs desenvolvidos pelos grupos de Efeito Estufa e Ondas Sísmicas. Na primeira seção, mostraremos como os grupos desenvolveram as etapas contempladas na disciplina de INSPE B. Por motivo de organização e para seguirmos a cronologia destas, optamos por separar a análise por etapa e fazer um tratamento individual para cada grupo.

Na segunda seção deste capítulo, evidenciaremos os tipos de dificuldades e resistências que os grupos apresentaram ao longo da disciplina. Por meio da análise dos trabalhos escritos, iremos apontar esses obstáculos.

4.1 AS ETAPAS DESENVOLVIDAS PELOS LICENCIANDOS

As etapas desenvolvidas em INSPE B são: descrição fenomenológica, escolha do recorte e modelização. Segue abaixo a análise dos trabalhos desenvolvidos pelos grupos de Efeito Estufa e Ondas Sísmicas que contemplam as três etapas da disciplina.

4.1.1 Descrição fenomenológica realizada pelos grupos

Na primeira etapa, os licenciandos poderiam estabelecer as escalas temporais, espaciais e de energia, bem como reconhecer os conceitos, processos físicos e demais parâmetros associados à temática em investigação. A problematização pode surgir dos questionamentos sobre a relevância de tais aspectos, buscando nortear o papel dos mesmos na explicação do fenômeno. A partir da descrição, do estabelecimento de critérios de relevância e do reconhecimento dos parâmetros e processos físicos mais importantes, temos a construção de um quadro representativo e explicativo sobre determinado aspecto do fenômeno.

Para isso, os grupos foram incentivados a buscar na literatura informações, dados e demais referências relacionadas ao tema, sendo que nos registros de seus Diários e do PT, eles manifestaram o que achavam ser mais relevante para a construção do projeto. Aqui também são levando em conta os critérios de escolha, isto é, a relevância dos tópicos garimpados e tratados na literatura, o grau de elaboração própria

sobre os textos e sobre as informações da literatura, além da integração destas referências com a temática, pois são indicativos de como eles elaboraram o trabalho.

Em busca de diagnosticar esses aspectos, iremos, a seguir, analisar os Diários e os PTs escritos pelos grupos e que contemplavam a primeira etapa, de descrição fenomenológica.

4.1.1.1 Grupo de Efeito Estufa

No primeiro diário apresentado pelo grupo de Efeito Estufa, embora a solicitação feita pelo professor fosse a de nesta primeira etapa obter uma descrição global do tema, o que se tem é um quadro fragmentário, na forma de uma listagem não ordenada dos fenômenos. Tal atitude pode ser vista nos trechos abaixo:

1. Os gases CO_2 , $\text{H}_2\text{O}_{\text{vapor}}$, NO_2 , O_3 , CH_4 e CFC_s , existentes na atmosfera, absorvem uma fração significativa de radiação em ondas longas. Ela é reemitida, também em ondas longas, em todas as direções, inclusive de volta à superfície terrestre, sendo novamente absorvida e reemitida para a atmosfera, onde o processo se repete. Esse fenômeno é conhecido como efeito estufa.
2. A radiação solar é denominada de ondas curtas, em torno de $0,5 \mu\text{m}$, enquanto que a radiação terrestre se concentra na faixa de $10 \mu\text{m}$, denominada de ondas longas.
3. A radiação emitida pelo sol abrange todo o espectro eletromagnético, desde os raios X e gama até as ondas de rádio.
4. Ao absorver a energia, a superfície da Terra é aquecida e emite radiação predominantemente em comprimentos de onda entre 4 a $100 \mu\text{m}$ (ondas longas).
5. O mecanismo de absorção e emissão de radiação pelas moléculas que interagem com as ondas longas pode ser

compreendido a partir do estudo de seus modos vibracionais e rotacionais.

6. Da radiação solar incidente na Terra, 30% é refletida e espalhada diretamente de volta ao espaço, os outros 70% são absorvidos pela Terra (51% pela superfície e 19% pela atmosfera).

7. Dos 30% da energia solar refletida: 6% são pela atmosfera (fuligem e aerossóis), 20% devido às nuvens e 4% diretamente pela superfície da Terra (florestas, oceanos, neve e o solo). Esses processos constituem o albedo terrestre.

8. O aumento do albedo terrestre irá provocar uma diminuição na temperatura da Terra, já que uma maior quantidade de energia terrestre será absorvida. A diminuição do albedo irá provocar um aumento na superfície terrestre.

9. Modificações no albedo podem ter causas naturais e antropogênicas.

10. Causas naturais: aumento na quantidade de nuvens, lançamento na atmosfera de uma grande quantidade de partículas (aerossóis) provenientes de erupções vulcânicas, aumento ou diminuição das superfícies cobertas por gelo e neve e das superfícies cobertas por florestas.

11. Causas antropogênicas: lançamento de partículas e gases que podem aumentar o efeito estufa, a diminuição da cobertura florestal.

12. A incidência de raios cósmicos galácticos é um dos agentes responsáveis pela formação de núcleos de condensação, partículas hidrosscópicas essenciais para dar início à produção de gotas d'água de nuvens e de chuva.

13. Nuvens altas do tipo cirro são tênues e constituídas em parte por cristais de gelo. Elas tendem a aquecer o planeta, pois permitem a passagem da radiação solar e absorvem a radiação infravermelha

térmica que escaparia para o espaço exterior.

14. Energia emitida pela Terra: 30% através de fluxos de calor sensível e latente; 21% emissão de radiação no infravermelho.

15. 7% do fluxo de calor sensível estão relacionados com processos de condução e convecção de calor da superfície da Terra para a atmosfera.

16. 23% é calor latente e se referem aos processos de mudanças de fases da água.

17. Os 21% restantes são emitidos para a atmosfera na forma de radiação infravermelha. Sendo 6% para o espaço e 15% são absorvidos por diferentes moléculas presentes na atmosfera, que é aquecida e também passa a emitir ondas longas em todas as direções.

18. Características internas importantes das moléculas de gases: distâncias e massas relativas entre os átomos e constantes de força entre as ligações.

19. A fotossíntese retira CO_2 da atmosfera e a respiração adiciona. Em alguns períodos do ano, o processo da fotossíntese é maior do que o da respiração (primavera e verão), nas outras épocas esse processo se inverte. (Diário de Bordo 1 – Efeito Estufa).

No primeiro tópico, os licenciandos apresentam uma pretensa definição sobre o Efeito Estufa. Mencionam várias informações, como por exemplo, a lista de gases, radiação em ondas longas, emissão e absorção, e definem como sendo o Efeito Estufa. Pode-se dizer que existe uma grande lacuna entre esta definição de efeito estufa aqui e a que apresentamos em nosso material de referência. Não se tem uma descrição da atmosfera, nem das fontes de radiação, nem sobre os tipos de radiação e a relevância destes com o fenômeno. Atores do processo foram listados, mas a relevância dos mesmos não pode ser dimensionada. Neste tópico, tem-se uma lista de gases mas sem ao menos ter falado sobre a atmosfera e sua composição. Falam do

comprimento de onda de absorção e emissão, mas sem mencionar as fontes dessas ondas. Podemos dizer que houve uma tentativa de elencar os principais conceitos e processos físicos envolvidos, porém na forma como foram colocados, temos um apontamento de dados, sem uma devida relação com o tema.

Vale ressaltar que os parâmetros apontados pelo grupo são de extrema relevância para o estudo do tema, mas sem uma conexão entre as partes e principalmente sem uma explicação desses pontos, não podemos compreender a importância desses a partir do que eles apontam para a exploração do fenômeno. Como destacamos em nosso material de referência, esses são conceitos e processos essenciais para entender o Efeito Estufa, podendo surgir da exploração do tema e proporcionando uma primeira aproximação com a física contida no fenômeno.

No segundo e no terceiro tópico, o grupo destaca a radiação solar. Percebemos, nesse trecho, que existe uma certa confusão no pensamento dos alunos, pois eles dizem que a radiação solar é denominada de ondas curtas e depois falam que o sol emite ondas em todas as faixas do espectro eletromagnético. Voltando ao nosso material de referência, poderemos entender a razão dessas definições dadas por eles. Como dissemos, o Sol emite radiação em todas as faixas, mas a parcela que chega até a atmosfera se concentra mais em torno de uma parte do ultravioleta até parte do infravermelho (ver Figura 4), que possuem pequenos comprimentos de onda e por isso ganham essa denominação.

Nesses primeiros tópicos, percebemos que o grupo buscou iniciar uma descrição a partir da fonte, mencionando conceitos que seriam chaves para o entendimento do tema. Apontam os tipos de gases, a absorção e reflexão no primeiro tópico e a radiação solar e o espectro eletromagnético no segundo e terceiro tópico, mas que da forma como está relatado, não permite que se tenha uma compreensão do processo que os envolve.

No quarto, quinto, sexto e sétimo tópicos, os licenciandos enfatizam o processo de reflexão, absorção e emissão da radiação. Apontam os tipos de onda que são absorvidos pela Terra, sem denominá-las, apenas apresentando seus comprimentos de onda. Além disso, eles dizem que a interação da radiação com moléculas pode ser compreendida por meio do estudo dos modos de vibração dessas moléculas, sendo que, no décimo oitavo tópico, eles relatam a estrutura das moléculas, mas sem vincular as duas informações. Nesses tópicos, eles ainda apresentam algumas taxas, que possuem grande importância para o entendimento do Efeito Estufa. Em nosso material, essas também foram apresentadas e a partir delas pudemos descrever o fenômeno e até

apontamos certos recortes que elas possibilitam, como o equilíbrio de energia na Terra que está implicitamente relacionado às parcelas de reflexão, absorção e emissão da radiação e também a possibilidade de buscar um entendimento mais profundo sobre a razão desses valores através de uma melhor compreensão sobre a interação da radiação com a matéria.

Vale destacar ainda que, ao observar o quinto e décimo oitavo tópicos, o professor em discussões com o grupo tentou mostrar que antes mesmo de se chegar à física molecular, a análise dos espectros de absorção pode ser feita, por exemplo, por meio da lei de Beer – Bouguer - Lambert e dela é possível se extrair muitas informações. Essa discussão foi colocada para enfatizar que não se necessita obrigatoriamente do auxílio de teorias microscópicas para a explicação, e que, no caso, as conclusões a partir das teorias microscópicas seriam insuficientes para tirar considerações globais sobre o Efeito Estufa. Nessas conversas, notou-se que os alunos consideravam esta teoria necessária, pois achavam que o professor, ao exigir certa profundidade no estudo, buscava um tratamento através de teorias microscópicas. Os licenciandos, em conversas de orientação, externaram a ideia de que as teorias clássicas de interação da radiação com a matéria não eram capazes de explicar o fenômeno. Ao mesmo tempo, não souberam fazer um vínculo entre os parâmetros macroscópicos e as teorias microscópicas.

Esse aspecto é importante, pois percebemos que eles privilegiam uma teoria universal em prol de uma abordagem fenomenológica, que nasce diretamente da exploração do fenômeno. Na literatura sobre o Efeito Estufa, vários espectros de absorção são mostrados. Esses espectros são complexos e diferem bastante dos espectros discretos, obtidos com moléculas isoladas. Mas, mesmo diante destas figuras, o grupo ainda pensa na explicação a partir dos espectros rotacionais e vibracionais.

No oitavo, nono, décimo segundo, décimo terceiro e décimo nono tópicos, temos uma demonstração de que os licenciandos apenas apontaram informações bem específicas, sem conectar essas com o estudo do tema. Elencam termos como albedo, raios cósmicos galácticos, nuvens do tipo cirro e fotossíntese sem deixar claro o seu significado. São parâmetros que podem aparecer no estudo do Efeito Estufa, mas que, sem uma descrição inicial, tornam-se desconexos do trabalho.

No décimo e décimo primeiro tópicos, aparecem possíveis causas para o Efeito Estufa. Trata-se de um ponto importante a ser mencionado

na descrição fenomenológica e que pode inclusive se tornar o foco do trabalho posteriormente.

No décimo quarto, décimo quinto, décimo sexto e décimo sétimo tópicos, existe uma confusão de conceitos físicos. O grupo apresenta calores específicos e latentes juntamente com a radiação infravermelha. Dessa forma, nos passa a ideia de que calor é um tipo de radiação, o que sabemos ser uma forma equivocada de definição. Como apresentamos em nosso material, existe aqui uma transformação de energia, em que parte da energia proveniente da radiação incidente na superfície terrestre é reemitida por meio da radiação na faixa do infravermelho e o restante na forma de calor.

Nesse mesmo diário, em outro trecho, o grupo levantou questões preliminares a fim de nortear o estudo dos fenômenos físicos envolvidos no tema. Seguem as perguntas abaixo:

1 - Considerando que a taxa de emissividade da radiação solar é constante, e que na região do Equador terrestre existe uma maior absorção da luminosidade solar em relação a outros pontos no planeta Terra (devido ao período de exposição solar e à área efetiva de absorção), será que o Efeito Estufa terá diferentes níveis de intensidade para diferentes locais?

2 - De que maneira ocorre a interação da radiação solar com os gases que estão na atmosfera terrestre (CO₂, NO₂, O₃, CH₄ e H₂O vapor)?

3 - O ozônio parece ser um gás que sofre perdas quantitativas durante sua interação com a radiação solar e com outros aspectos provenientes do planeta Terra. Como acontece esta interação e quais são os aspectos que levam a tal diminuição? Quanto desta camada é necessária para que o Efeito Estufa continue sendo um efeito benéfico para a manutenção na vida do planeta Terra? Como podemos definir o termo buraco na camada de ozônio?

4 - Os CFCs são gases que tiveram seu uso banido (dos motores de refrigeradores e aerossóis). De que maneira eles provocavam o aumento do Efeito Estufa? Qual a importância de tal medida na contribuição da diminuição do Efeito Estufa?

5 - O balanço de energia Sol-Terra indica que cerca de 30% da energia solar, incidente no topo

da atmosfera, é refletida de volta para o espaço, e este processo é denominado de albedo terrestre. Quais são as causas naturais e antropogênicas que provocam o aumento ou a diminuição do albedo?

6 - O fenômeno El Niño caracteriza-se pelo aumento da temperatura das águas oceânicas a partir da costa oeste do pacífico. De que maneira o Efeito Estufa está relacionado com a frequência deste fenômeno?

7 - Qual é a faixa da radiação eletromagnética que interage com os elementos responsáveis pelo Efeito Estufa? E de que maneira ela ocorre?

8 - A diminuição da camada de ozônio irá aumentar a exposição do planeta Terra ao ultravioleta. Qual é o protetor solar terrestre? Que relação conseguiremos fazer com os elementos dos protetores solares disponíveis para a utilização da população?

9 - De que maneira o Efeito Estufa interfere na dinâmica do clima terrestre? Quais consequências, benéficas e malélicas, ele apresenta? (Diário de Bordo 1 - Efeito Estufa).

Novamente diante dessas perguntas, podemos afirmar que o grupo, ao retirar informações dos textos de apoio, buscou elencar pontos bem específicos sobre o tema, elaborando questões com base em assuntos estruturados e que enfocam situações locais, gerando uma visão fragmentada do tema. São perguntas que sem uma descrição fenomenológica inicial e, conseqüentemente, uma compreensão global do tema, não permitem um avanço no estudo, devido as suas especificidades sobre determinados pontos centrais do fenômeno. São perguntas que poderiam surgir após essa primeira etapa, num momento de escolha do foco de investigação.

Na primeira pergunta, o grupo menciona a emissividade da radiação solar e sua absorção em determinada área (Equador), mas sem tratar anteriormente de forma clara dos processos físicos envolvidos de emissão e absorção. Trata-se de uma pergunta interessante, que poderia surgir de uma tentativa de buscar uma compreensão melhor sobre a razão da temperatura não ser uniforme na superfície ou ainda questionar a validade de aproximações globais que tratam a temperatura de maneira definida e homogênea para a superfície. Mas, como dissemos anteriormente, é uma pergunta que poderia definir determinado recorte, pois sua especificidade permite isso. Diferentemente da nona pergunta,

em que o grupo questiona como o Efeito Estufa interfere o clima terrestre, esta questão é bem relevante para esse início de trabalho, pois deixa em aberto um ponto que posteriormente o grupo poderia explorar melhor.

Na segunda questão, o grupo estabelece certo recorte que poderia futuramente gerar um aprofundamento, mas apenas aponta os gases que compõem a atmosfera. Sem uma descrição inicial, esses gases aparecem sem ligação com o tema, apenas como simples apontamentos. Trata-se de uma questão relevante, que necessita ser situada dentro da temática. Sem uma descrição da atmosfera, sua composição e perfil de temperatura, essa questão perde o contexto.

Na terceira e oitava perguntas, os licenciandos falam da camada de ozônio, fazendo uma ligação do Efeito Estufa com o buraco da camada de ozônio. Essa camada possui uma ligação com a interação da radiação com a matéria, com a poluição e com outros fenômenos que são próximos ao Efeito Estufa. A associação entre ozônio, buraco na camada e Efeito Estufa é bastante comum. Porém são problemas distintos, pois a definição da temperatura do planeta está ligada fortemente à interação entre superfície e atmosfera, que se dá essencialmente na faixa do infravermelho, enquanto o ozônio interage na região do ultravioleta.

Na quarta pergunta, os licenciandos questionam aspectos antropogênicos que podem influenciar o Efeito Estufa. OS CFCs afetam essencialmente a camada de ozônio, mas o seu papel no Efeito Estufa pode ser discutido. Sendo assim, temos uma pergunta bastante válida, mas ainda vaga, pois a partir do Diário não é possível saber se houve efetivamente uma reflexão sobre um possível efeito ou apenas a manifestação de uma concepção que associa o problema da camada de ozônio com o Efeito Estufa.

Na quinta pergunta, os licenciandos voltam a mencionar o albedo. Como apresentamos em nosso material de referência, o albedo é o nome dado à medida da taxa de radiação média refletida para o espaço por um corpo. No caso o albedo terrestre é uma medida dessa refletividade média total. O albedo é, portanto, uma grandeza que nos dá informações importantes sobre o Efeito Estufa, mas é curioso que os alunos o chamem de processo e não de medida. Além disso, é uma pergunta que também poderia ser feita após uma descrição fenomenológica do tema, pois o estudo sobre o albedo poderia ser um bom recorte para aprofundamento.

A sexta pergunta é bem relevante, mas também bastante específica. O El Niño é um efeito climático associado às formas de

transferência de energia tanto na atmosfera como na superfície. Esse ponto também poderia ser levado a determinado foco de investigação, sendo desnecessário para este primeiro momento.

Já a sétima pergunta é bem relevante. Em nosso material, fizemos um questionamento semelhante a essa pergunta, quando mostramos um possível recorte para a temática. Para entender o Efeito Estufa, pode-se fazer um estudo sobre a interação da radiação com a matéria, sendo necessária a compreensão das faixas de radiação emitida, da composição da atmosfera e como se dá essa interação.

Em síntese, podemos observar que sem uma descrição fenomenológica, as perguntas desenvolvidas pelo grupo são bastante pontuais. Como já dissemos, são questões importantes para o estudo do tema, mas que poderiam aparecer posteriormente, num momento em que o grupo já tivesse uma compreensão melhor sobre o assunto em estudo. São perguntas que poderiam proporcionar um aprofundamento sobre determinado aspecto, mas como foram colocadas, já no primeiro diário, elas se apresentam de forma desconexa com a problemática global.

Em outro trecho deste primeiro diário, os licenciandos elencam alguns fenômenos e processos físicos relacionados ao Efeito Estufa, como pode se ver abaixo:

Fenômenos físicos relacionados ao Efeito Estufa: conservação da energia, espectro da radiação eletromagnética, radiação de corpo negro (emissão e absorção), dilatação térmica e temperatura, fluxo de calor sensível e latente, reflexão e refração.

A interação de alguns gases do Efeito Estufa com a radiação infravermelha parece ser o aspecto físico mais relevante para o momento. (Diário de Bordo 1 – Efeito Estufa).

Trata-se de pontos importantes para a compreensão do tema, mas da forma como foram colocados, novamente temos simples apontamentos. O grupo não faz as relações devidas desses com a temática nesse trecho, o que dá a impressão de se tratar de um elenco de informações sem uma contextualização com o tema.

Fazendo um comparativo com a descrição fenomenológica do material de referência, vê-se que não houve uma descrição do Efeito Estufa. Houve uma listagem de aspectos que refletem um quadro

fragmentário sobre o tema. Os licenciandos, como era de se esperar, e que foram incentivados pelo professor, buscaram na literatura auxílio e desta extraíram o que acharam mais relevante. Analisando o que foi escrito, nota-se que o aspecto central do tema, que é o balanço energético nos processos de reflexão, absorção e emissão da radiação eletromagnética pelos diversos participantes do processo físico, não foram colocados em relevo.

Antes mesmo de delimitarem o ambiente, a superfície da Terra e a atmosfera, foi apresentada uma listagem dos gases. Esta, assim como as informações sobre os comprimentos de onda e os percentuais de absorção/emissão, foi retirada da literatura, mas sem uma contextualização ou integração dessas informações com a temática. Além disso, os tópicos listados estão em níveis diferentes de profundidade e sua contextualização dentro do tema não aparece nos registros. Por exemplo, falar dos espectros rotacionais e vibracionais das moléculas estaria ligado com o aprofundamento da interação da radiação com a matéria, mas existem muitas questões anteriores, nas quais a relevância desta análise tão específica dos espectros é discutível.

Fica patente que os licenciandos não souberam fazer o tratamento e/ou não souberam extrair dessas informações os aspectos relevantes. Nos registros do Diário, temos um mosaico de termos teóricos, como comprimento de onda, absorção e emissão, radiação eletromagnética, espectros rotacionais e vibracionais, albedo e a quase desaparecimento do fenômeno estufa.

Após a entrega desse Diário, o professor orientou o grupo com intuito de auxiliar o entendimento dos licenciandos sobre essa primeira etapa e disse que eles poderiam se concentrar inicialmente num estudo global do tema e que as questões mais específicas, como eles tinham elaborado, surgiriam com o tempo, a partir de um entendimento mais consistente e claro do fenômeno.

Vale destacar que neste primeiro diário não poderíamos esperar que o grupo fizesse uma descrição fenomenológica como fizemos em nosso material de referência, visto que é a primeira vez que os licenciandos em sua formação inicial se deparam com uma situação desafiadora como esta. Neste primeiro momento, surgem dificuldades inerentes ao processo presentes na disciplina de INSPE B, como dificuldades em elencar e vincular conceitos e processos físicos com a temática de forma global; dificuldades de expressão, ao formalizar em suas escritas suas ideias e seus pensamentos com respeito ao fenômeno, mesmo porque nas disciplinas anteriores, poucas cobravam textos

elaborados pelos licenciandos, e dificuldade em problematizar o tema por meio de perguntas.

Diante disso, o professor buscou orientar o grupo para que refizessem sua descrição fenomenológica, sendo que no segundo diário apresentado, esse trabalho de orientação realizado pelo professor pôde ser observado. Os licenciandos iniciaram o estudo da temática a partir da radiação solar, como podemos ver nos trechos abaixo:

O sol é a fonte de radiação que irá interagir com a atmosfera terrestre e fará com que determinadas moléculas vibrem e reemitam a radiação, inclusive de volta para a superfície. O calor que a superfície da Terra emite, possui um comprimento de onda diferente daquele que o sol emitiu, logo, parte desta radiação fica retida, isto quer dizer que a energia que entrou é maior do que a energia que saiu. O resultado é um aquecimento gradual na temperatura do planeta.

[...] sem o Efeito Estufa a temperatura média da Terra seria em torno de -18°C , ao invés dos 16°C com que estamos acostumados. É consenso que um dos fatores importantes para que o planeta Terra conseguisse desenvolver a vida da forma que conhecemos é a temperatura média que ele consegue manter-se, devido ao fenômeno do Efeito Estufa. No entanto, o aumento dos índices de CO_2 na atmosfera cresceram significativamente, de 320 ppm (no ano de 1960) em uma escala ascendente para cerca de 385 ppm (no ano de 2010) [...]. As fontes deste significativo aumento dividem especialistas, uma corrente defende ser o homem o maior causador de tal impacto e outra corrente ressalta a importância de impactos naturais como a queima espontânea de combustíveis fósseis. O fato é que o aumento nos níveis de CO_2 modifica a intensidade de tal fenômeno. (Diário de Bordo 2 – Efeito Estufa – grifo do grupo).

Como mostramos em nosso material de referência, iniciar a descrição do fenômeno pela fonte de radiação é de extrema relevância. No trecho acima, os licenciandos tentam descrever como se comporta essa radiação ao chegar e atravessar a atmosfera terrestre, mas de

maneira confusa. Novamente eles associam o conceito de calor com o de onda e ainda dizem que a “energia que entrou é maior que a energia que saiu”, resultando um “aquecimento gradual”. Pode-se dizer que essa última consideração difere da que mostramos em nosso material, pois o Efeito Estufa se concentra especificamente em um balanço de energia. Vale observar também que existe uma certa contradição entre os dois parágrafos; enquanto no primeiro eles falam em aumento de temperatura, no segundo eles mencionam que o planeta está a uma temperatura média devido ao fenômeno. Se olharmos somente o primeiro, este nos dá a entender que a Terra, devido ao Efeito, teria que ter uma aumento gradativo de temperatura de forma natural. Na verdade, o aumento pode ser explicado por outros fatores e não simplesmente pela ocorrência do fenômeno, como eles indicam no segundo parágrafo.

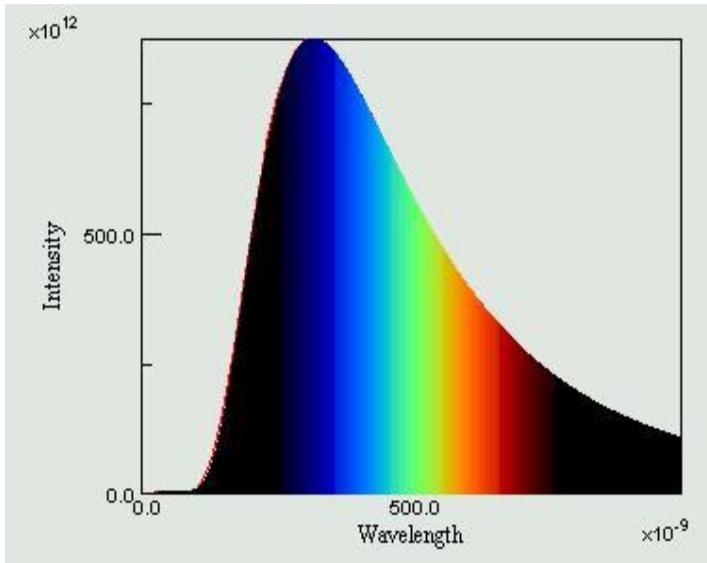
Na sequência do trabalho, o grupo faz um questionamento que busca nortear seu estudo. Segue abaixo:

Mas como os corpos irradiam e absorvem energia térmica?

Os corpos irradiam energia, não importando a temperatura em que estejam e a taxa de energia emitida por eles depende da temperatura de cada corpo. Cada temperatura está associada a uma frequência, e ela, por sua vez, determina uma cor correspondente. Assim, temos um arranjo de cores conhecido como distribuição espectral da radiação de um corpo negro.

Abaixo temos um gráfico que ilustra a distribuição espectral de um corpo negro, sendo que a parte colorida corresponde ao espectro visível.

Figura 16 – Radiação de Corpo Negro.



Fonte: Diário de Bordo 2 – Efeito Estufa.

O efeito térmico aumenta à medida que nos aproximamos da região vermelha e continua aumentando depois dessa faixa, que é denominada de região do infravermelho. Todos os corpos irradiam no infravermelho. Citar experimento da descoberta do infravermelho.

Chamamos de corpo negro um corpo ou substância que absorve a radiação incidente sobre ele. Devido à absorção total da radiação incidente, esses corpos não refletem luz, sendo este o motivo de sua denominação.

É possível representarmos um corpo negro através de uma cavidade que contenha um orifício conectado ao meio externo. O orifício deve ser muito menor que a cavidade em estudo. A radiação que incide sobre o orifício é refletida inúmeras vezes pelas paredes internas da cavidade, e dificilmente sairá pelo orifício. Como praticamente toda a radiação incidente é absorvida, a cavidade pode ser considerada um corpo negro. Em um corpo negro ideal, a radiação

total emitida deve ser igual à radiação total absorvida (lei de Kirchhoff).

A radiação emite espectros dependentes da temperatura em que o corpo se encontra e não do material que o compõe. Quando um corpo está em altas temperaturas, o mesmo tem luminosidade própria e assim podemos vê-lo pela luz emitida. Quando temos o corpo em baixas temperaturas, conseguimos visualizá-lo apenas pela luz refletida, ou seja, sem luz emitida sobre o corpo, não iríamos conseguir vê-lo. (Diário de Bordo 2 – Efeito Estufa – grifo do grupo).

Para este tema, o estudo sobre um corpo negro é de extrema relevância, pois através dele podemos associar a radiação emitida pelo Sol e pela superfície terrestre, sendo que, no trecho acima, o grupo se dedicou a explorar melhor esse conceito. Temos também que apontar alguns pontos que não estão claros. Inicialmente eles afirmam que todos os corpos emitem radiação na faixa do infravermelho, sem especificar que isso só vai ocorrer quando o corpo está a determinada temperatura. Já, no último parágrafo, eles falam que o espectro de emissão depende da temperatura, porém afirmam que um corpo a altas temperaturas tem luminosidade própria e um corpo a baixas temperaturas só pode ser visualizado pela luz refletida. Isso indica que há uma confusão entre a radiação eletromagnética emitida e a luz visível.

Na sequência do diário, o grupo volta a mencionar o Sol e a radiação emitida por ele, bem como o relaciona a um corpo negro. Segue abaixo:

A radiação emitida pelo sol abrange todo o espectro eletromagnético, desde os raios X e gama até as ondas de rádio. A emissão da radiação do sol e da Terra aproxima-se de um corpo negro. Grande parte da intensidade dessa emissão que chega até a superfície da Terra concentra-se na faixa do visível (entre 380 a 750 nm), sendo seu máximo em torno de 480 nm.

Cerca de 87% da radiação emitida pelo sol é o que chamamos de ondas curtas (O.C.), apresentando seu pico em 0,5 μm , enquanto que a superfície terrestre é aquecida por tal radiação e reemite radiação predominantemente em comprimentos de onda longa (O.L.), com pico em 10 μm . (Diário de Bordo 2 – Efeito Estufa – grifo do grupo).

Diferentemente do primeiro diário, os licenciandos mostram nesse trecho maior clareza em seus apontamentos. Nota-se que eles buscaram compreender de maneira mais coerente a radiação solar, explicitando melhor as faixas de radiação absorvidas e refletidas. Além disso, os licenciandos corrigem uma contradição que encontramos anteriormente, no segundo e terceiro tópicos apresentados por eles, inseridos no primeiro diário, quando o grupo diz que a radiação solar é denominada de ondas curtas e, posteriormente, falam que o sol emite radiação em todas as faixas do espectro eletromagnético. Agora fica clara a informação, pois eles apontam que 87% da radiação emitida se concentram na faixa das ondas curtas, sendo o restante das outras faixas.

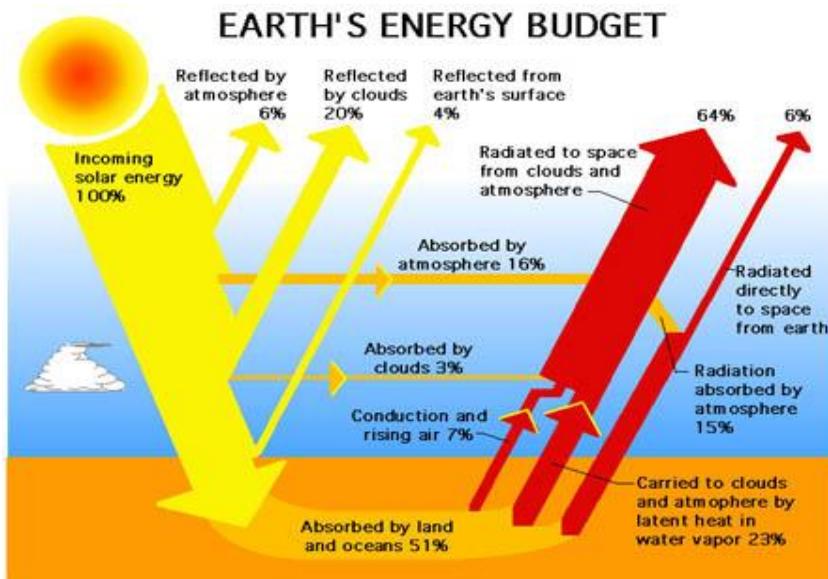
Temos também que ressaltar neste trecho que os licenciandos mencionam o corpo negro e o vinculam à emissão de radiação solar e terrestre, fato de extrema relevância para esta etapa e que mostramos em nosso material de referência.

Em outro trecho desse segundo diário, o grupo mostra novamente as porcentagens de emissão e reflexão da radiação solar. Segue abaixo:

Da radiação total emitida pelo sol, cerca de 30% são refletidas e espalhadas diretamente para o espaço. Desse total, 6% são pela própria atmosfera (devido à fuligem e aerossóis), 20% devido às nuvens e 4% diretamente pela superfície da Terra (florestas, oceanos, neve e solo). Esses processos constituem o albedo terrestre. O aumento do albedo provoca uma diminuição da temperatura do planeta, já que uma menor quantidade de energia terrestre será absorvida. Já a diminuição do albedo irá provocar um aumento da temperatura na Terra.

De acordo com a figura, retirada do *site* da NASA, 51% da radiação emitida pelo sol são absorvidas pela Terra, que, por sua vez, reemite para a atmosfera terrestre em forma de radiação infravermelha. (Diário de Bordo 2 – Efeito Estufa).

Figura 17 – Balanço energético.



Fonte: Diário de Bordo 2 – Efeito Estufa.

Dessa vez, utilizando uma ilustração, fica mais fácil entender as porcentagens de reflexão e absorção, além de proporcionar certas inquietações sobre a razão de tais níveis e que poderiam gerar novos questionamentos. No trecho escrito, eles ainda voltam a mencionar o albedo terrestre, mas não explicam esse conceito de maneira satisfatória. Esse é um conceito importante para o entendimento do Efeito Estufa, como apresentamos em nosso material de referência.

Em seguida, o grupo, percebendo a importância do infravermelho para o Efeito Estufa e da composição de diferentes gases da atmosfera, faz uma descrição dos mesmos, apontando algumas causas antropogênicas para o efeito e apresentando outra figura (Figura 8). Segue abaixo:

O que significa infravermelho?

O termo infravermelho significa abaixo do vermelho (do latim *infra* significa abaixo), ou seja, ele tem esse nome pelo fato de a cor vermelha possuir a menor frequência do espectro de luz visível e o infravermelho possuir uma frequência

logo abaixo dele. O comprimento de onda do infravermelho possui tamanho aproximadamente de 750 nm a 1 mm, sendo maior que o permitido para a visibilidade humana.

A atmosfera terrestre é composta por 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e apenas 1% de sua composição, aproximadamente, é composta pelos gases do Efeito Estufa. [...] essa composição vem se mantendo relativamente constante a milhares de anos, até a ocorrência da revolução industrial, que trouxe novos processos industriais, uma agricultura mais extensiva e um aumento significativo da população mundial. Esse rápido crescimento na atividade humana significou uma maior liberação dos gases responsáveis pelo Efeito Estufa em nosso planeta.

No trecho acima, podemos perceber que o grupo tenta caracterizar alguns parâmetros. Os licenciandos apresentam uma explicação a respeito do infravermelho e da composição da atmosfera. Apesar da dificuldade em fazer uma exploração mais profunda dos gráficos, pode-se dizer que neste diário eles já prestaram mais atenção aos dados extraídos dos gráficos. Assim notaram a importância do infravermelho, mas sem deixar claro a vinculação desta faixa de radiação com a emissão da Terra. Percebe-se também que eles não associaram que esta é a radiação prevalente que um corpo negro com a temperatura da Terra emitiria. O professor então promoveu um debate sobre essa vinculação.

Por último, ainda nesse segundo diário, o grupo volta a mencionar a camada de ozônio.

É na estratosfera que encontramos a maior concentração das moléculas de ozônio. Essa camada é denominada de filtro natural do nosso planeta, ajudando a bloquear os chamados raios ultravioletas (U.V.). Ao longo dos anos, pela interação dos elementos cloro, flúor e carbono (CFC) com o ozônio, essa camada tem diminuído sua espessura e, na região da Antártica, tal diminuição é caracterizada pelo “buraco na camada de ozônio”. Tal decréscimo da camada traz danos ao planeta, inclusive o aumento na

incidência de casos de câncer de pele na população. (Diário de Bordo 2 – Efeito Estufa).

O estudo da camada do ozônio envolve o problema da interação da radiação com a matéria e possui fenômenos físicos comuns ao Efeito Estufa, mas para a compreensão global do tema em estudo, a análise dessa camada não é necessária.

No PT apresentado pelo grupo, também podemos observar a descrição fenomenológica sobre o tema. Na introdução do trabalho, eles apresentam:

Estudos acadêmicos, capas de revistas, manchetes de jornais, programas de televisão e políticas governamentais têm voltado seus holofotes para o tema: Efeito Estufa.

Mas o que é de fato tal efeito? Ele é maléfico ou benéfico ao planeta Terra? Quais impactos sociais ele acarreta e qual o papel da sociedade no referido tema? Estes questionamentos aparentemente abrem uma discussão que permite avançar no tema em busca do entendimento físico do mesmo e então oportunizar o conhecimento para que as pessoas possam criticamente analisar fatos e tomar decisões.

A interação da radiação eletromagnética com as moléculas dos gases que compõem a atmosfera é que nos traz as revelações de como a natureza se comporta e a manifestação dos fenômenos que determinam a dinâmica do clima terrestre. Assim o CO₂ e a H₂O vapor são os gases que possuem o papel de destaque neste tema e a luz é quem será a mola propulsora para que o efeito possa manifestar-se. (PT – Efeito Estufa).

Podemos notar, nesse trecho, que o grupo de Efeito Estufa planejou desenvolver uma abordagem de Ciência, Tecnologia e Sociedade para a temática, possivelmente já pensando no semestre seguinte, no qual teriam o curso de INSPE C e que seria voltado para apresentação de um minicurso para estudantes do Ensino Médio. Além disso, no trecho acima, podemos observar que os licenciandos mencionam três pontos essenciais para o entendimento do fenômeno: radiação, gases da atmosfera e interação da radiação com a matéria. Na sequência do trabalho, o grupo seguiu fazendo um tratamento sobre os

aspectos mais relevantes dentro do assunto, buscando sempre vincular os conceitos e processos físicos com o fenômeno.

Os licenciandos iniciam sua descrição novamente a partir do Sol, apontando alguns detalhes dessa fonte de radiação. Ver abaixo:

Tudo começa no interior do Sol onde a temperatura pode atingir até 15 milhões de graus Celsius (375 mil vezes a temperatura mais alta já registrada em Florianópolis). Em sucessivas interações (colisões) por causa da altíssima temperatura, átomos de hidrogênio se fundem, sendo que esse novo material continua a se chocar com outras matérias até formar o átomo de hélio.

Os elementos nucleares do átomo de hélio são muito mais estáveis juntos do que separados como componentes iniciais (átomos de hidrogênio), ou seja, precisa-se de menos energia para que seu núcleo fique coeso (com dois prótons e dois nêutrons).

Por isso, durante a fusão, essa energia em excesso é liberada em grande parte em forma de energia cinética dos produtos; há também emissão, por exemplo, de partículas subatômicas como neutrinos e fótons de radiação gama ou raio-X. Essa agitação das moléculas no Sol emite fótons de radiação visível e invisível, e os gases da superfície emitem, em sua grande maioria, infravermelho.

A luz solar chega até nós, na Terra, depois de atravessar 150 milhões de quilômetros no vácuo e demorar oito minutos para percorrer essa distância; para se ter ideia, um jato supersônico demoraria quatro anos para percorrer essa distância, equivalente a 3750 voltas em torno da Terra.

Costuma-se dizer que luz é toda radiação visível. As cores fazem parte desse grupo, do visível, enquanto a luz ultravioleta e o infravermelho não. (PT – Efeito Estufa).

No trecho acima, o grupo nos fornece algumas informações interessantes sobre o Sol, como a temperatura em seu interior, a reação de fusão e a liberação de energia, sendo que esta é emitida principalmente na forma de radiação. Outro ponto que percebemos

também é a caracterização de luz como sendo radiação visível. Vale lembrar que sem essa classificação não conseguimos compreender um trecho do diário passado, em que eles falam de ser possível ver um corpo devido à emissão ou reflexão de luz.

Em seguida, os licenciandos continuam a explorar o Sol como fonte de radiação, agora destacando características da radiação que ele emite. Segue abaixo:

Os cientistas têm dois termos que caracterizam o que é radiação, mas depende com o que ela está interagindo, ora a radiação se parece como se fosse uma onda, ora se fosse composta por corpúsculos. Por exemplo, quando a radiação ultravioleta interage com os átomos do DNA de nossa pele ou com as células solares, ela se comporta como composta por partículas sem massa (fótons), porém contendo pacotes de energia.

Também se pode dizer que a radiação é uma onda eletromagnética. Para a produção de ondas de rádio ou para entender a interação entre a antena de televisão e a onda enviada pela emissora, deve-se pensar a radiação como uma onda originada por campos magnéticos e elétricos variáveis.

No caso de pensarmos em fótons, a cor verde tem um fóton diferente do fóton da cor vermelha, em que a energia de cada os difere. Como onda, a diferença está em outra propriedade, por exemplo, a cor verde tem frequência de onda diferente da cor vermelha.

Essa fonte de radiação, o sol, irá interagir com a atmosfera terrestre e fará com que determinadas moléculas vibrem e reemitam a radiação, inclusive de volta para a superfície. O calor que a superfície da Terra emite possui um comprimento de onda diferente daquele que o sol emitiu, logo, parte desta radiação fica retida, isso quer dizer que a energia que entrou é maior do que a energia que saiu. O resultado é um aquecimento gradual na temperatura do planeta.

A radiação solar é uma onda eletromagnética e, portanto, sofre alguns efeitos comuns a qualquer tipo de onda. Para a compreensão do Efeito

Estufa, os fenômenos da reflexão e absorção possuem maior relevância. (PT – Efeito Estufa).

Podemos observar, no trecho acima, uma tentativa de explicar a natureza dual da radiação. Inicialmente eles afirmam que a radiação pode ser entendida como uma composição de fótons (pacotes de energia e que não possuem massa) e, em seguida, falam da natureza ondulatória. Por último, eles mencionam que, para o entendimento do Efeito Estufa, os fenômenos de reflexão e absorção são relevantes.

Vale ainda notar que os licenciandos continuam a confundir os conceitos de calor e onda, reproduzindo do Diário para o PT o mesmo trecho que já havíamos comentado anteriormente. Podemos perceber isso na frase: “O calor que a superfície da Terra emite possui um comprimento de onda diferente daquele que o sol emitiu [...]”. Como dissemos antes, essa é uma concepção errada, mas muito comum de se entender o calor. Trata-se de uma forma de transferência de energia, mas que se difere do conceito de onda.

Outro ponto que pode ser destacado se encontra na sequência da frase anterior: “[...] parte da radiação fica retida, isso quer dizer que a energia que entrou é maior que a energia que saiu. O resultado é um aquecimento gradual da temperatura da Terra”. Como analisamos anteriormente, trata-se de uma frase que, da forma como expressa por eles, despreza o balanceamento de energia ocasionado pelo efeito, além de dar a noção que naturalmente o planeta estaria sendo aquecido de maneira gradual.

Na sequência do trabalho, o grupo apresenta algumas taxas de absorção e reflexão da radiação pela atmosfera e pela superfície terrestre. Para isso utilizam a figura abaixo:

Da radiação total emitida pelo sol cerca de 30% são refletidas e espalhadas diretamente para o espaço. Desse total, 6% são pela própria atmosfera (devido à fuligem e aerossóis), 20% devido às nuvens e 4% diretamente pela superfície da Terra (florestas, oceanos, neve e solo). Esses processos constituem o albedo terrestre. O aumento do albedo provoca uma diminuição da temperatura do planeta, já que uma menor quantidade de energia terrestre será absorvida. Já a diminuição do albedo irá provocar um aumento da temperatura na Terra.

De acordo com a figura 9, 51% da radiação emitida pelo sol são absorvidas pela Terra, que, por sua vez, reemite para a atmosfera terrestre em forma de radiação. (PT – Efeito Estufa).

Figura 18 – Balanço energético.



Fonte: PT – Efeito Estufa.

Inicialmente, os licenciandos relatam o albedo terrestre, que é uma medida da quantidade de radiação refletida pela Terra e, em seguida, apontam que uma modificação dessa medida pode aumentar ou diminuir a temperatura do planeta. Por último, eles falam da parcela absorvida. Como dissemos anteriormente, são dados importantes para o tratamento do Efeito Estufa e que utilizamos em nosso material de referência (páginas 55 a 57), pois nos dá uma visão global do fenômeno e provoca certas inquietações sobre a razão desses valores.

Na sequência do material, o grupo aponta alguns outros parâmetros, como a composição da atmosfera, o infravermelho e o ozônio. São aspectos que já foram apresentados anteriormente, quando analisamos o segundo diário. O conteúdo do texto referente a esses aspectos é o mesmo nos dois trabalhos. O mesmo ocorre para o conceito de corpo negro, sendo assim não iremos analisar novamente.

Como pudemos perceber, o grupo mostrou uma evolução nesta primeira etapa. Mesmo apresentando dificuldades, que já eram esperadas por tratar de uma situação didática diferenciada, nota-se que, no desenvolver do trabalho, houve uma clareza maior por parte do grupo acerca dos conceitos e processos físicos presentes, bem como a elaboração de uma descrição fenomenológica necessária para a compreensão do tema.

4.1.1.2 Grupo de Ondas Sísmicas

No grupo de Ondas Sísmicas, temos uma postura oposta da que observamos no outro grupo. As diferenças entre a situação didática proposta em INSPE B com uma situação didática tradicional e as diferenças nas atividades e tarefas que usualmente são solicitadas das requeridas na disciplina, causou um desconforto aos licenciandos. Podemos dizer que este grupo em particular apresentou, desde o princípio, uma certa desconfiança com relação à disciplina.

Na apresentação dos dois exemplares, os quais mostramos no primeiro capítulo, o professor enfatizou os aspectos associados à importância da fenomenologia na construção do projeto. Nesse momento inicial de discussões, já foi possível perceber que estes licenciandos deixaram bastante claro que achavam que deveriam, em primeiro lugar, reconhecer a física do tema (estudo da teoria), para então construir um quadro explicativo sobre as ondas sísmicas. Da mesma forma, defenderam que um curso para o Ensino Médio deveria seguir o padrão usual dos cursos tradicionais, primeiro apresentando os conceitos e as definições pertinentes, para depois aplicá-los aos fenômenos, sendo que esta posição foi manifestada ao longo de todo desenvolvimento do PT, gerando uma resistência à proposta didática de INSPE B. O primeiro diário entregue pelo grupo continha um elenco de definições sobre alguns aspectos do tema. Podemos perceber isso abaixo:

1) **Como ocorrem?**

Pesquisando no Wikipédia, chegamos à resposta: São ondas que se propagam através da Terra, geralmente como consequência de um sismo, ou devido a uma explosão.

Para uma conclusão mais concreta devemos definir o significado da palavra sismo.

2) **O que é um sismo?**

Um sismo é um fenômeno de vibração brusca e passageira da superfície da Terra, resultante de movimentos subterrâneos de placas rochosas, de atividade vulcânica, ou por deslocamentos (migração) de gases no interior da Terra, principalmente metano. O movimento é causado pela liberação rápida de grandes quantidades de energia sob a forma de ondas sísmicas.

Basicamente, sismo é a ocorrência de uma fratura subterrânea. As ondas elásticas geradas propagam-se por toda a Terra

Intensidade dos sismos:

Grandes sismos: terremoto (português brasileiro) ou terramoto (português europeu).

Pequenos sismos: abalo sísmico ou tremor de terra.[]

3) **Qual a consequência de uma onda sísmica?**

Entre os efeitos dos sismos estão vibração do solo, abertura de falhas, deslizamentos de terra, tsunamis, mudanças na rotação da Terra, mudanças no eixo terrestre, além de prejuízo ao homem, como em danificar construções, resultando em perda de vidas, ferimentos e altos prejuízos financeiros e sociais (como o desabrigo de populações inteiras, facilitando a proliferação de doenças, fome etc.). (Diário de Bordo 1 – Ondas Sísmicas).

Nesse trecho do diário, o que notamos é que os licenciandos simplesmente trazem definições, com base nos pontos levantados pelo professor em suas orientações. O fato de terem apenas consultado o “Wikipédia” justifica essa postura. Como sabemos, trata-se de uma enciclopédia virtual livre que possui verbetes ao longo do texto e que podem ser escritos por qualquer pessoa.

Observando o trecho acima, podemos até supor que os licenciandos entendam essas definições como explicação para o tema em estudo. Algo que pode indicar que eles compreendem os conceitos físicos com uma fonte de respostas e não como um instrumento para analisar fenômenos.

Não queremos dizer com isso que as informações retiradas desse *site* não possuam valor, mas elas devem ser utilizadas de maneira mais

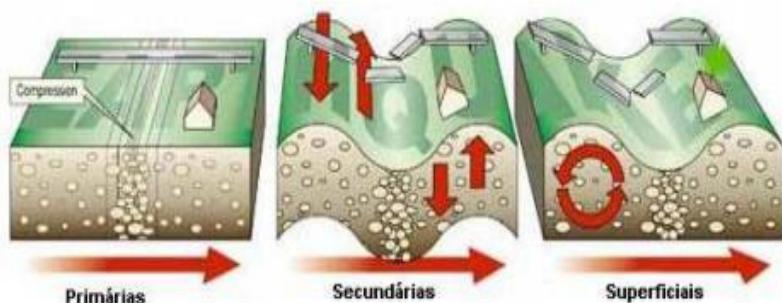
crítica. O “Wikipedia” pode até ser usado, não como uma referência única, mas sim como uma primeira busca de informações. A partir delas, novas perguntas surgem e a busca por respostas exige algo mais confiável e consistente, como artigos, revistas, livros e outras publicações acadêmicas.

Após a apresentação deste diário, o professor cancelou o trabalho desse grupo e disse que aquele diário não seria valorizado com uma nota. Por fim, orientou os licenciandos para que esses tivessem mais empenho e critério em suas buscas e na elaboração textual.

No segundo diário, com a orientação do professor, os licenciandos buscaram tratar conceitos e processos relevantes para o estudo das ondas sísmicas. Dessa forma, podemos relacionar o trabalho desenvolvido pelo grupo com o material que criamos.

O grupo iniciou o trabalho destacando a origem dessas ondas como sendo por “deslocamento de placas tectônicas, acomodação de rochas, explosão (vulcões, provocada pelo homem etc.), induzidas (aplicação na engenharia)”. Em seguida, os licenciandos evidenciaram os tipos de ondas sísmicas, apresentando uma breve descrição delas e também utilizando algumas figuras. Segue abaixo:

Figura 19 – Tipos de Ondas Sísmicas.



Fonte: Diário de Bordo 2 – Ondas Sísmicas.

1.1. Ondas de Corpo ou Volume – Tipos: P e S

- propagação no interior da Terra em sentido **radial**;
- devido à variação da densidade da Terra no sentido radial (eixo de propagação da onda), resulta num fenómeno semelhante à refração da luz;
- a velocidade de propagação da onda depende principalmente dos seguintes fatores:
 - densidade do meio de propagação (velocidade inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade);
 - elasticidade do meio de propagação (velocidade proporcional à raiz quadrada da elasticidade).

1.1.1. Onda de Corpo ou Volume tipo P (primária)

- são as primeiras a chegar (velocidade de propagação maior);
- essas ondas são longitudinais (rochas vibram axialmente ao eixo de propagação);
- causam cilcos de tração e compressão;
- ao chegar na superfície a onda é transmitida e propagada no ar.

1.1.2. Onda de Corpo ou Volume tipo S (secundária)

- são ondas transversais (o meio sofre cisalhamento);
 - o solo é deslocado (devido à variação de tensões mecânicas) perpendicularmente ao eixo de propagação da onda (análogo ao chicote);
 - o solo é movido horizontalmente, sem sofrer variação de volume;
 - como esse tipo de onda necessita de resistência ao cisalhamento do meio para se propagar, ela não ocorre em líquidos e gases; são mais nocivas que as ondas primárias (causam mais destruição);
- a velocidade de propagação da onda primária é que a da onda secundária;

proporcionalidade: velocidade da onda P é ligeiramente maior que o quadrado da velocidade de propagação da onda S.

2.1. Ondas de Superfície

- semelhantes a ondas causadas pela queda de um corpo na água;
- possuem baixa frequência, alta amplitude e grande duração;
- são as mais destrutivas;
- eixo de propagação: 2D superficialmente a partir do epicentro do sismo.

2.1.1. Onda de Superfície tipo R (Ratleigh)

- previsto por John Willian Strutt-Lord Rayleigh (1885);
- a origem dela é o resultado da interação entre as ondas de corpo, causada pela interferência de ondas tipo P e S;
- provoca vibração no sentido contrário à propagação da onda de corpo, causando um movimento de rolamento (elíptico);
- sua amplitude diminui rapidamente com a velocidade.

2.1.2 Onda de Superfície tipo L (Love)

- o matemático A. E. H. Love criou o modelo desse tipo de onda em 1911;
- onda superficial que produz cisalhamento horizontal do solo;
- através do fenômeno de reflexão interna total, sua energia se mantém na superfície da Terra;
- são ondas de cisalhamento altamente destrutivas. (Diário de Bordo 2 – Ondas Sísmicas).

Como podemos observar, o Diário consta de uma sequência de definições e listagem de propriedades das ondas sísmicas. Boa parte delas estão corretas, mas terminam por dar uma visão fragmentada da temática. Apresentadas dessa forma, possibilitam pouca margem para questões. Para nossa análise, dois aspectos são relevantes. Em primeiro lugar, da maneira como está escrito, nos leva a supor que para este grupo existe a noção de que as definições são suficientes para caracterizar e até mesmo explicar os vários aspectos de um fenômeno ou tema. Em segundo lugar, nas definições apresentadas, os licenciandos

mostraram uma falta de critérios claros ao longo do texto. Por exemplo, ao se referirem aos tipos de ondas, ora as caracterizam dependendo da forma como se propagam, ora as classificam segundo as velocidades e ora as classificam pelo local de propagação (superficiais ou ondas no interior da Terra).

No caso das ondas P e S no item 1.1, o grupo afirma erroneamente que as ondas de corpo e volume se propagam no interior da Terra no sentido radial, sendo que na frase seguinte mencionam que essa propagação é semelhante à refração da luz, devido à variação radial da densidade. Obviamente, sabemos que “refração” implica que a onda não pode se propagar radialmente como afirmado.

A seguir, os licenciandos utilizam a velocidade das ondas vinculando-a com a densidade e elasticidade. É importante observar que, em nenhum dos casos, as propriedades foram problematizadas, nem relacionadas. Como apresentamos em nosso material, esses são parâmetros relevantes para a exploração do tema, mas da forma como o grupo coloca, sem a devida exploração, fica difícil compreender a razão da importância desses para o estudo das ondas sísmicas.

No subtópico 1.1.1, o grupo ressalta algumas características das ondas primárias. Os licenciandos apontam propriedades dessas ondas, mas sem descrever os processos inerentes a elas. Citam termos como “longitudinais”, “tração” e compressão”, mas não apresentam os significados desses conceitos, isto é, não foi apresentada por eles nenhuma descrição da onda, nem apresentaram questões relacionadas ao caráter longitudinal e a outras propriedades.

No subtópico seguinte, o grupo destaca as ondas secundárias, definindo-as como transversais e associadas ao cisalhamento. Mais uma vez não há uma descrição. A analogia do chicote é curiosa e pouco esclarecedora. Sem uma explicação do que é cisalhamento, falam que ela não ocorre em líquidos e gases. Dessa forma, não é possível inferir se os licenciandos compreendem o que estão dizendo. Diferenciam esta onda das outras, utilizando agora outro critério, o de destrutividade. Em seguida, escrevem sobre a diferença de velocidade, mas sem associar ao cisalhamento.

No tópico 1.2, os licenciandos buscam caracterizar as ondas de superfície (ondas Rayleigh e Love). Mantendo a mesma postura, o grupo não faz uma descrição sobre essas ondas. Relatam uma similaridade com ondas causadas na superfície da água, sem mencionar onde estão essas semelhanças. Apontam a frequência e amplitude e afirmam serem mais destrutivas, mas sem deixar claro essas características. Como nos tópicos anteriores, surgem termos como

“interferência”, “rolamento”, “cisalhamento” e “reflexão interna total”, sem novamente explorar esses conceitos. São aspectos importantes para o entendimento das ondas sísmicas e que deveriam ser mais bem descritos.

Em resumo, podemos perceber que o grupo apresentou aspectos que deveriam constar nesta primeira etapa, porém não fazem uma descrição. Apontam definições e geram uma superposição de informações desconexas.

Notamos também, nesse segundo diário, que o grupo não faz menção às figuras, além da primeira que está acima (Figura 19), apresentaram outras três. Podemos assim dizer que serviram apenas como ilustração, pois os licenciandos nada falaram sobre elas. Vale ressaltar que a exploração de gráficos e figuras permite uma melhor compreensão do tema, bem como provoca inquietações que podem gerar uma problematização.

Evidenciamos, também, que o grupo não apresentou bibliografia nesse segundo diário e fez apenas um questionamento: “Como detectamos e caracterizamos um sismo?”. Essa é uma pergunta essencial para o desenvolvimento inicial do estudo, pois fornece um norte para futuras investigações. Na tentativa de responder essa questão, os licenciandos fizeram uma breve descrição:

A detecção e o registro das ondas sísmicas são normalmente realizados por equipamentos específicos denominados de:

- **Sismômetro:** transdutor sensível ao movimento do solo.
- **Sismógrafo:** consiste em um sismômetro com registrador, fazendo e gravando as medições do movimento do solo em função do tempo. (Diário de Bordo 2 – Ondas Sísmicas).

Novamente, o grupo apenas menciona algumas definições, sem a devida contextualização. Trata-se de um aspecto relevante para a descrição fenomenológica do tema e que, dependendo das escolhas de investigação, pode ser bem explorado, podendo até ser o foco do trabalho, como apontamos em nosso material de referência.

Como no primeiro diário, podemos perceber que o grupo trata esta etapa da disciplina como um apontamento de definições simples. Com pouca elaboração textual e com uma certa ausência de perguntas, o

diário entregue por eles não nos possibilita entender a razão de suas buscas e levantamento dessas informações.

O terceiro diário apresentado pelo grupo continha o mesmo texto apresentado no segundo diário mais uma complementação referente a determinado recorte que o grupo escolheu fazer. Sendo assim, a parte destinada à descrição fenomenológica neste diário é a mesma da apresentada anteriormente e que analisamos acima. Utilizaremos a complementação contida no texto na próxima subseção, pois iremos tratar da segunda etapa de escolha do recorte.

No quarto diário entregue pelo grupo, os licenciandos destacaram como seria sua postura no tratamento do tema. Segue abaixo:

O presente trabalho fala sobre ondas sísmicas, como elas surgem, suas consequências, seus benefícios e como detectá-las. Porém, antes de começarmos a descrever ondas sísmicas, vamos lembrar o conceito básico de ondas. (Diário de Bordo 4 – Ondas Sísmicas).

No trecho acima, podemos observar que, para este grupo, o estudo das ondas sísmicas está diretamente relacionado a um conhecimento inicial sobre a teoria ondulatória, sendo que, para eles, esta deve ser explorada anteriormente ao tratamento do fenômeno.

Na sequência deste diário, eles destacaram o conceito de onda, suas propriedades, meios de propagação, características etc. Podemos observar isso nos trechos abaixo:

Ondas são um fenômeno físico, pelo qual ocorre transporte de energia no tempo e no espaço. Em geral, fala-se de onda quando temos uma transmissão de sinal entre dois pontos distantes, sem que haja transporte de matéria de um desses pontos ao outro, assim, ocorre apenas o transporte de energia. [...]

Os meios nos quais as ondas podem se propagar são classificados como:

meios lineares: se diferentes ondas, em qualquer ponto particular do meio em questão, podem ser somadas;

meios limitados: se ele é finito em extensão, caso contrário são considerados ilimitados;

meios uniformes: se suas propriedades físicas não podem ser modificadas em diferentes pontos;

meios isotrópicos: se suas propriedades físicas são as mesmas em quaisquer direções. [...]

Todas as ondas têm um comportamento comum em situações padrões. Sendo assim, todas elas têm as seguintes características:

_ reflexão - quando uma onda volta para a direção de onde veio, devido à batida em material reflexivo;

_ refração - a mudança da direção das ondas, devido à entrada em outro meio. A velocidade da onda varia, pelo que o comprimento de onda também varia, mas a frequência permanece sempre igual, pois é característica da fonte emissora. [...] (Diário de Bordo 4 – Ondas Sísmicas).

Embora seja difícil extrair dos diários todo o pensamento dos licenciandos, em conversas com o professor, mesmo após uma longa exposição solicitando que os mesmos fizessem primeiramente uma descrição mais fenomenológica e problematisassem a temática, eles explicitamente colocaram que acreditavam que a compreensão do tema deveria partir da teoria de ondas e que definidos os conceitos básicos, poderiam aplicá-los às ondas sísmicas. Assim, em grande parte do trabalho, é possível perceber que eles se fixaram na definição das propriedades e/ou de conceitos associados que, na opção do grupo, serviriam de base para analisar, descrever e explicar as ondas sísmicas.

Aqui o ponto central é que as ondas sísmicas têm suas propriedades fortemente associadas às propriedades elásticas do meio. São essas propriedades que irão caracterizar as diversas velocidades devido a diferenças nas respostas elásticas do meio a perturbações e direções distintas. São essas propriedades do meio que são, em geral, pouco tratadas numa teoria geral das ondas. Assim, o que os licenciandos apresentaram como teoria de ondas não é suficiente para uma descrição e um entendimento das ondas sísmicas.

Em seguida, eles ainda destacam:

Agora que já temos conhecimento do que é uma onda, vamos falar sobre ondas sísmicas. Uma onda sísmica é aquela que se propaga através da Terra. São as grandes causadoras dos terremotos e tsunamis (geralmente como consequência de um sismo), por exemplo. Essas ondas podem ser geradas através do deslocamento de placas

tectônicas, ou acomodações de rochas, ou até mesmo devido a uma grande explosão. (Diário de Bordo 4 – Ondas Sísmicas).

Como podemos observar novamente, na visão do grupo, a exploração das ondas sísmicas está relacionada a um primeiro entendimento sobre a teoria ondulatória. Sendo que, a partir disso, eles se acham agora preparados para estudar o fenômeno.

Na sequência deste diário, o grupo faz uma descrição sobre as fontes das ondas sísmicas. Os licenciandos fizeram um levantamento dos fatores preponderantes, como podemos observar nos trechos abaixo:

Essas ondas podem ser geradas através do deslocamento de placas tectônicas, ou acomodações de rochas, ou até mesmo devido a uma grande explosão. [...]

As placas tectônicas são subdivisões da crosta terrestre que se movimentam de forma lenta e contínua sobre o manto, podem aproximar-se ou afastar-se umas das outras, provocando abalos na superfície como terremotos e atividades vulcânicas. Tais movimentos ocorrem pelo fato de o interior terrestre ser bastante aquecido fazendo com que as correntes de convecção (correntes circuladas em grandes correntes) determinem a forma de seus movimentos. [...]

Terremoto ou sismo são tremores bruscos e passageiros que acontecem na superfície da Terra causados por choques subterrâneos de placas rochosas da crosta terrestre a 300m abaixo do solo. Outros motivos considerados são deslocamentos de gases (principalmente metano) e atividades vulcânicas. Existem dois tipos de sismos: os de origem natural e os induzidos.

A maioria dos sismos é de origem natural da Terra, chamados de sismos tectônicos. A força das placas tectônicas desliza sobre a atmosfera podendo afastar-se, colidir ou deslizar-se uma pela outra. Com essas forças as rochas vão se alterando até seu ponto de elasticidade, após isso as rochas começam a se romper e liberar uma energia acumulada durante o processo de elasticidade. A energia é liberada através de ondas

sísmicas pela superfície e interior da terra. (Diário de Bordo 4 – Ondas Sísmicas).

O conteúdo agora apresentado sobre as fontes de ondas sísmicas é extremamente rico e bem desenvolvido, mas pesquisando sua origem, podemos encontrar as referências para esses trechos na internet.

As placas tectônicas são subdivisões da crosta terrestre que se movimentam de forma lenta e contínua sobre o manto, podem aproximar-se ou afastar-se umas das outras provocando abalos na superfície como terremotos e atividades vulcânicas. Tais movimentos ocorrem pelo fato de o interior terrestre ser bastante aquecido fazendo com que as correntes de convecção (correntes circuladas em grandes correntes) determinem a forma de seus movimentos. (CABRAL, 2013).

Terremoto ou sismo são tremores bruscos e passageiros que acontecem na superfície da Terra causados por choques subterrâneos de placas rochosas da crosta terrestre a 300m abaixo do solo. Outros motivos considerados são deslocamentos de gases (principalmente metano) e atividades vulcânicas. Existem dois tipos de sismos: os de origem natural e os induzidos.

A maioria dos sismos é de origem natural da Terra, chamados de **sismos tectônicos**. A força das placas tectônicas desliza podendo afastar-se, colidir ou deslizar-se uma pela outra. Com essas forças as rochas vão se alterando até seu ponto de elasticidade, após isso as rochas começam a se romper e liberar uma energia acumulada durante o processo de elasticidade. A energia é liberada através de ondas sísmicas pela superfície e interior da Terra. (SÓ BIOLOGIA, 2013).

Estas são informações valiosas e que, com mais critério, poderiam e deveriam estar presentes na exploração da temática. O que podemos notar é que o estudo do sismo que os licenciandos fizeram não os levou até a descrição do processo que envolve as ondas sísmicas.

Para nossa pesquisa seria interessante que soubéssemos as dúvidas que os licenciandos tiveram para buscar os aspectos mencionados nos trechos acima, mas como eles não apresentaram

questionamentos neste diário, não temos como identificar essas motivações.

Outro ponto que merece ser ressaltado é a falta de elaboração textual do grupo. Mesmo pensando que o Diário poderia ter informações simplesmente destacadas da internet, esperávamos que os alunos fizessem um tratamento do material, transcrevendo suas compreensões a respeito de determinado assunto.

Continuando neste quarto diário, o grupo buscou destacar os tipos de ondas sísmicas. Nota-se isso nos trechos abaixo:

As ondas sísmicas se propagam com velocidade e características definidas por propriedade do meio por onde passam. Elas se classificam como Ondas Internas, quando se propagam pelo interior da Terra (Ondas de Corpo) e como Ondas de Superfície, quando se propagam próximo à superfície terrestre. No primeiro caso, temos as ondas P e S e, no segundo, caso temos as ondas Love e Rayleigh.

A velocidade de propagação das ondas sísmicas vai depender das propriedades elásticas e da densidade do material no qual ela se propaga. Ela é diretamente proporcional aos parâmetros elásticos e inversamente proporcional à densidade do corpo. [...]

_ Ondas de Corpo

Da mesma forma que qualquer outro tipo de onda que se propaga no espaço tridimensional e cuja fonte de energia pode ser aproximada por uma fonte pontual, a amplitude de uma onda sísmica decresce com o inverso da distância da fonte. A superfície em que todos os pontos encontram-se no mesmo estado de vibração é denominada frente de ondas e, por analogia à ótica, a direção perpendicular à frente de ondas é chamada de raio sísmico. Ao afastar-se uma pequena distância r da fonte em um meio homogêneo, a frente de ondas tem uma forma esférica e, portanto, as ondas que se propagam são chamadas ondas esféricas. A curvatura da frente de ondas decresce com o aumento da distância a partir da fonte, dessa forma, a grandes distâncias da fonte, a frente de ondas pode ser considerada uma superfície plana e as ondas são tratadas como ondas planas. Esta aproximação simplifica a descrição do movimento

harmônico da frente de ondas, o que é bastante útil.

Ondas Longitudinais

Para compreender este tipo de onda, deve-se considerar o sistema de eixos cartesianos, onde o eixo x corresponde à direção de propagação da onda. Nesse eixo, as partículas do meio descrevem um movimento de vai e vem, de forma que o meio é constantemente comprimido e distendido. É a propagação deste movimento vibratório, em determinada direção, que define a onda compressional. As ondas longitudinais são as primeiras a serem registradas quando ocorre um sismo, por isso, são chamadas ondas primárias ou simplesmente ondas - P. Além disso, as ondas - P propagam-se tanto em meios sólidos quanto em fluidos, pois todos esses meios são compressíveis. As ondas - P ou primárias são as primeiras a chegar, pois têm uma velocidade de propagação maior. São ondas longitudinais que fazem a rocha vibrar paralelamente à direção da onda, tal como um elástico em

contração. Verifica-se, alternadamente, uma compressão seguida de uma distensão com amplitudes e períodos baixos, impondo aos corpos sólidos elásticos alterações de volume (contudo, não há alterações na forma). No ar, essas ondas de pressão tomam a forma de ondas sonoras e propagam-se à velocidade do som. A velocidade de propagação deste tipo de ondas varia com o meio em que se propagam, sendo típicos valores de 330 m/s no ar,

1450m/s na água e 5000m/s no granito. Não são tão destrutivas como as ondas S ou as ondas de superfície que se lhes seguem. A velocidade de propagação destas ondas é, em geral, ligeiramente inferior ao dobro daquela das ondas S.

_ Ondas Transversais

Nas ondas transversais, o movimento dá-se no plano da frente de onda, ou seja, perpendicular à direção de propagação da onda. A passagem da onda transversal obriga que os planos verticais do meio movimentem-se para cima e para baixo e, assim, os elementos adjacentes sofrem variações de forma. A rigidez é a única constante

relacionada à velocidade de propagação dessas ondas, como a rigidez em meios fluidos é zero não há propagação das ondas transversais nesses meios. As ondas transversais são mais lentas que as ondas longitudinais, logo, são registradas depois, por essa razão são denominadas ondas-S. O movimento das partículas pode estar polarizado no plano vertical ou horizontal, no primeiro caso, as ondas recebem a denominação SV e, no segundo, SH.

As ondas-S ou secundárias são ondas transversais ou de cisalhamento, o que significa que o solo é deslocado perpendicularmente à direção de propagação como num chicote. No caso de ondas-S polarizadas horizontalmente, o solo move-se alternadamente para um e outro lado. São mais lentas que as ondas-P, com velocidades de propagação entre 2000 e 5000 m/s, sendo as segundas a chegar. Estas provocam alterações morfológicas, contudo não há alteração de volume. As ondas-S propagam-se apenas em corpos sólidos, uma vez que os fluidos (gases e líquidos) não suportam forças de cisalhamento. A sua velocidade de propagação é cerca de 60% daquela das ondas-P, para um dado material. A amplitude destas ondas é várias vezes maior que a das ondas-P.

_ Ondas Superficiais

Uma perturbação exercida na superfície livre de um meio propaga-se sob a forma de ondas superficiais. As ondas superficiais também podem ser diferenciadas em ondas-P e ondas-S, além desses dois tipos, existem as ondas Rayleigh (LR) e as ondas Love (LQ) que se distinguem entre si pelo tipo de movimento que as partículas exercem na frente de ondas.

_ Ondas Rayleigh

As partículas na frente de ondas das ondas Rayleigh são polarizadas de modo a vibrar no plano vertical, assim o movimento resultante das partículas pode ser considerado uma combinação de ondas P e SV. Tomando o sentido de propagação da onda para a direita no eixo horizontal, cada partícula atingida pela perturbação descreve um movimento elíptico

retrógrado, sendo que o eixo maior está alinhado com a vertical e o eixo menor com a direção de propagação (...) A passagem da onda Rayleigh não perturba apenas a superfície livre do meio, abaixo deste as partículas também são afetadas. A amplitude do movimento decresce com o aumento da profundidade; para obter a profundidade de penetração é comum usar o conceito de *skin depth*, ou seja, a profundidade na qual a amplitude é atenuada para 1/e de seu valor máximo.

_ Ondas Love

As ondas superficiais Love correspondem a superposições de ondas-S com vibrações horizontais concentradas nas camadas mais externas da Terra. As ondas Love (L) são ondas de superfície que produzem cisalhamento horizontal do solo e a sua energia é obrigada a permanecer nas camadas superiores da Terra por ocorrer por reflexão interna total. São assim chamadas em honra de A.E.H. Love, um matemático britânico que criou um modelo matemático dessas ondas em 1911. Essas ondas são o resultado da interferência de duas ondas S. São ligeiramente mais rápidas que as ondas de Rayleigh. São ondas cisalhantes altamente destrutivas. (Diário de Bordo 4 – Ondas Sísmicas).

Podemos observar que os licenciandos destacaram os tipos de ondas, sendo que eles apresentam cada um deles de forma mais organizada, diferentemente dos primeiros diários. Contudo, alguns pontos devem ser mencionados.

Analisando o trecho acima, percebemos que eles evidenciaram as principais características dos diversos tipos, relatando as propriedades específicas de cada onda, mas sem uma conexão entre as partes e ainda contendo uma certa confusão nos critérios de classificação (classificam as ondas pelo espaço de propagação, pela velocidade, pela destrutividade etc.), tornando o texto um mosaico de definições, apresentadas muitas vezes como poucas explicações.

Vale também dizer que novamente não houve uma elaboração textual por parte dos licenciandos, dessa vez temos uma descrição equivalente à encontrada em Molina (2012), sendo que, por se tratar de um diário, esta postura era tolerável, mas esperávamos que o grupo

fizesse um tratamento do material. Os alunos apontaram parâmetros relevantes para o estudo das ondas sísmicas, o que nos possibilitaria refletir sobre as possíveis dúvidas que os levaram a trazer essas informações, contudo, o grupo não apresentou questionamentos, nem referências neste quarto diário.

Ressaltamos que a utilização de uma descrição obtida de referências poderia e deveria ser uma fonte de problematização. Observa-se que, no texto apresentado, várias questões estão presentes, porém a falta de critérios de análise faz com que os alunos passem por várias delas sem problematizá-las. Por exemplo, na descrição apresentada sobre ondas superficiais, falam em reflexão interna total como sendo uma explicação, enquanto que a verdadeira questão seria a razão pelas quais as propriedades dos meios nesta interface levam a uma reflexão interna total. Isso significa que a teoria de ondas, que permite explicar o fenômeno, nos dá instrumentos para compreender melhor as propriedades do meio e das ondas sísmicas, mas isso não foi explorado e a simples menção à reflexão interna total foi considerada suficiente.

Já no PT entregue pelo grupo, os licenciandos destacaram os principais aspectos relacionados ao trabalho desenvolvido por eles na disciplina de INSPE B.

O presente trabalho pretende descrever detalhadamente as ondas sísmicas. Falaremos sobre como elas surgem, como se propagam, suas, às vezes, drásticas consequências, como detectá-las e meios de prevenção. [...] Sabe-se que uma onda sísmica é uma onda que se propaga através da terra, geralmente como consequência de um sismo. O estudo feito neste trabalho enfatiza o conceito tradicional da onda no sentido físico. Em consequência, descrevemos o surgimento das ondas sísmicas, bem como sua classificação e como detectá-las, que são os temas principais deste trabalho. (PT – Ondas Sísmicas).

No trecho acima, o grupo menciona que a ênfase do trabalho será em torno do surgimento, da classificação e da detecção das ondas sísmicas. Deixam claro que iriam com esses aspectos estudá-los mais profundamente. Comparando com o nosso material de referência para esse grupo, notamos que os aspectos enfatizados no trecho foram também destacados por nós, pois são processos extremamente relevantes para a compreensão das ondas sísmicas.

Outro ponto que nos chama atenção no trecho se encontra na frase: “O estudo feito neste trabalho enfatiza o conceito tradicional da onda no sentido físico.” Buscando compreender essa afirmação, podemos pensar que eles estão se referindo ao tratamento da teoria de ondas ser feito anteriormente à exploração das ondas sísmicas. Em várias conversas com o professor, os licenciandos deste grupo expressaram, de maneira bastante clara, que o projeto não deveria partir de uma descrição fenomenológica, mas sim de uma discussão e de um aprofundamento da teoria de ondas (denominada por eles acima de “ondas no sentido físico”) e que, a partir dos conceitos deste estudo, poderiam explicar todas as características das ondas sísmicas. Isso significa que para eles era necessário trabalhar primeiro a teoria para depois associá-la ao tema.

Em relação ao restante do texto presente no PT deste grupo, este continha um texto semelhante ao apresentado no quarto diário. A diferença é que, neste trabalho final, os licenciandos fizeram uma reorganização dos tópicos e uma complementação sobre um estudo mais profundo da influência do meio para as ondas sísmicas, sendo que a parte referente à descrição fenomenológica no PT é a mesma da apresentada anteriormente e que já analisamos. Utilizaremos o restante dos dados deste trabalho quando formos analisar a etapa de modelização.

4.1.2 Escolha do recorte realizada pelos grupos

Posteriormente à etapa de descrição fenomenológica, temos a escolha de um recorte para futuro aprofundamento. Para esta etapa, os licenciandos devem estabelecer critérios de seleção e redefinir o estudo do tema, focalizando os aspectos que, sob algum modo, são considerados mais relevantes. Sendo assim, alguns aspectos são selecionados, enquanto outros, mesmo que importantes para outras investigações, são descartados. O foco de problematização é que vai definir o que se deve ser relevante ou não para o desenvolvimento de seus trabalhos.

4.1.2.1 Grupo de Efeito Estufa

Observando e analisando o segundo diário do grupo, notamos que os licenciandos dão indícios de já terem percebido e identificado alguns conceitos e processos físicos importantes para o desenvolvimento do trabalho, tal como o sol, a radiação absorvida e refletida pela atmosfera,

os gases que compõem a atmosfera, a temperatura e o fluxo de calor. Segue abaixo um trecho que já foi analisado antes, mas que agora nos é útil para observar a etapa de escolha do recorte.

A interação da radiação eletromagnética com as moléculas dos gases que compõem a atmosfera é que nos traz as revelações de como a natureza se comporta e a manifestação dos fenômenos que determinam a dinâmica do clima terrestre. Assim, o CO_2 e a $\text{H}_2\text{O}_{\text{vapor}}$ são os gases que possuem o papel de destaque neste tema e a luz é quem será a mola propulsora para que o efeito possa manifestar-se. [...]

O sol é a fonte de radiação que irá interagir com a atmosfera terrestre e fará com que determinadas moléculas vibrem e reemitam a radiação, inclusive de volta para a superfície. O calor que a superfície da Terra emite possui um comprimento de onda diferente daquele que o sol emitiu, logo, parte desta radiação fica retida, isso quer dizer que a energia que entrou é maior do que a energia que saiu. O resultado é um aquecimento gradual na temperatura do planeta. (Diário de Bordo 2 – Efeito Estufa).

Elencar esses parâmetros é essencial para esta segunda etapa, de escolha do recorte, sendo que o que define a importância de cada aspecto é o foco escolhido. No caso desse grupo, em conversas com o professor, os licenciandos disseram que o foco deles para a disciplina de INSPE B era estudar a interação da radiação com a atmosfera. A ideia era que, com esse estudo, eles pudessem ter um melhor embasamento para a disciplina de INSPE C, em que iriam preparar um material envolvendo o aquecimento global.

No material que criamos, também destacamos esses parâmetros. Assim como nós, os licenciandos apontaram os principais conceitos e processos físicos, demarcando pontos para um futuro aprofundamento. Como escrevemos em nosso material, uma opção para entender o Efeito Estufa é por meio do estudo da interação da radiação com a matéria, em que a compreensão de alguns aspectos são necessários, como a radiação, a composição da atmosfera e a interação dessas.

4.1.2.2 Grupo de Ondas Sísmicas

Nesta etapa, o grupo apontou que iria aprofundar o estudo do meio. Esse é um importante recorte para entender as ondas sísmicas. Em seu terceiro diário, os licenciandos destacaram:

Uma onda mecânica necessita de um meio (via) para se propagar.

Esse meio, quando perturbado, tem uma resposta, uma reação que varia em função das características mecânicas do material desse meio. (Diário de Bordo 3 – Ondas Sísmicas).

O recorte escolhido pelo grupo se deve, em grande parte, ao professor, que durante a disciplina, em suas orientações, buscou sempre enfatizar a importância do meio para esta temática. A partir disso, eles buscaram evidenciar esta escolha, sendo que neste diário eles já destacaram algumas características referentes às propriedades do meio, como a elasticidade e as tensões sofridas. Esses parâmetros receberam um tratamento inicial, mas os alunos afirmaram que iriam fazer um aprofundamento nesse estudo posteriormente.

No quarto diário, o grupo buscou relacionar o estudo do meio com a temática em análise. Segue abaixo:

[...] para provocar um sismo deve-se ter duas condições simultaneamente:

- 1) movimento diferencial no material, de forma que a tensão possa acumular e extrapolar o limite elástico desse material;
- 2) o material tem que ceder por fratura frágil. (Diário de Bordo 4 – Ondas Sísmicas).

Entendendo o sismo como o causador das ondas sísmicas, o grupo, nesse trecho, evidencia o papel do material para a geração desse fenômeno, destacando novamente a tensão e a elasticidade do material para um futuro aprofundamento.

Nesse trecho, merece também destacar que os licenciandos não exploraram a relação entre sismo e ondas sísmicas. Se há uma ruptura e uma extrapolação do limite elástico do meio, não se tem uma onda sísmica, embora se tenha um sismo. Portanto eles não colocam com clareza que a onda, quando gerada por um sismo, estabelece-se após

uma região, onde a energia do sismo foi suficientemente dissipada, gerando perturbações dentro do limite elástico.

Na sequência desse diário, o grupo evidencia o papel do meio para se compreender a velocidade de propagação das ondas sísmicas:

As ondas sísmicas se propagam com velocidade e características definidas por propriedade do meio por onde passam. (...) A velocidade de propagação das ondas sísmicas vai depender das propriedades elásticas e da densidade do material no qual ela se propaga. Ela é diretamente proporcional aos parâmetros elásticos e inversamente proporcional à densidade do corpo. (Diário de Bordo 4 – Ondas Sísmicas).

Além de novamente destacar a elasticidade do material, os licenciandos enfatizam também a densidade como sendo essencial para entender a velocidade de propagação. Esses são conceitos de extrema relevância para entender a influência do meio na propagação das ondas sísmicas, como destacamos em nosso material de referência.

Neste sentido, podemos observar, neste quarto diário, que o grupo evidenciou como aspectos relevantes para a compreensão do meio a tensão sofrida pelo material, a densidade e a elasticidade, sendo que esses fatores receberam destaque no PT do grupo e serão mais bem analisados na próxima subseção.

4.1.3 Modelização realizada pelos grupos

Nesta etapa, ocorre uma investigação mais profunda das relações entre as grandezas, sendo que as dependências, as invariâncias e as formas de variação, uma vez estabelecidas, podem levar à construção de um modelo para determinado aspecto do tema. Nesse processo, os licenciandos, a fim de buscar uma explicação mais profunda sobre o recorte escolhido, podem utilizar modelos e/ou teorias vinculadas ao fenômeno, não aparecendo de maneira isolada ou descontextualizada do fenômeno.

4.1.3.1 Grupo de Efeito Estufa

Nesta última etapa, os licenciandos focalizaram suas atenções na interação da radiação com a atmosfera, ponto chave para a compreensão

do Efeito Estufa. Podemos notar tal postura num trecho selecionado do PT de INSPE B desenvolvido pelo grupo:

A radiação solar é uma onda eletromagnética e, portanto, sofre alguns efeitos comuns a qualquer tipo de onda. Para a compreensão do efeito estufa, os fenômenos da reflexão e absorção possuem maior relevância. (PT – Efeito Estufa).

Percebe-se, nesse trecho, que eles escolheram a interação da radiação com a matéria como foco principal do trabalho, destacando os fenômenos de absorção e reflexão. Como apontamos em nosso material, para compreensão da interação da radiação com a matéria por meio do Efeito Estufa, deve-se primeiro buscar o entendimento sobre a atmosfera e suas camadas, pontos essenciais para uma melhor compreensão do recorte escolhido sobre a temática em estudo.

Em outro trecho do PT desenvolvido pelo grupo de Efeito Estufa, os licenciandos argumentam:

A matéria possui características e comportamento interessantes ao interagir com a radiação. As moléculas e substâncias possuem particularidades, cada uma delas irá absorver a radiação de uma maneira singular, já que diferentes comprimentos de onda irão interagir de forma efetiva com cada uma delas.

Ao olharmos para o espectro de absorção da figura (Figura7), que pode ser construído a partir da tomada de dados referente à intensidade de luz absorvida por uma substância em função do comprimento de onda da radiação incidente, podemos verificar o comportamento da radiação emitida pelo sol ao interagir com os diferentes componentes da atmosfera terrestre.

Nessa interação da radiação com a matéria, ela pode ser absorvida, transmitida ou reabsorvida pelas moléculas. Na interação da radiação com o material gasoso, verifica-se que a distância média entre as moléculas é grande em comparação com o tamanho médio delas. Assim, podemos considerá-las isoladas uma das outras, logo as ligações entre elas não influenciam nas propriedades do gás.

O espectro de absorção e emissão das moléculas ocorre devido às transições de estado de energia permitida. Resultados empíricos da espectroscopia molecular consideram a energia sobre os aspectos: eletrônico, vibracional e rotacional. (PT – Efeito Estufa).

Como anteriormente, os licenciandos manifestam mais uma vez a ideia de que um real entendimento sobre o Efeito Estufa viria do entendimento dos espectros rotacionais e vibracionais de moléculas dos gases. Obviamente, um conhecimento mais aprofundado sobre os coeficientes de absorção, transmissão e reflexão, poderiam ser explorados, mas esta análise dos espectros não é suficiente para tratar do aspecto mais fundamental do Efeito Estufa, que é o balanço energético.

Ressaltamos que este é um aspecto interessante para nossa investigação, pois releva o fato de os licenciandos preferirem a utilização de uma teoria universal (teoria quântica) no lugar de uma abordagem fenomenológica. A ideia que eles nos passam é que para se entender de forma consistente determinado fenômeno é necessário um tratamento microscópico.

Diante dessa postura, o professor, em conversas com os licenciandos, mostrou ao grupo que mesmo sem um tratamento quântico, a interação da radiação com a matéria poderia ser tratada através da lei de Beer-Bouguer – Lambert, que associa o componente de absorção ao índice de refração das substâncias, como dissemos em nosso material de referência. Esse tipo de tratamento foi sugerido, principalmente, para mostrar aos licenciandos que se pode ter muitas informações sobre essa interação utilizando um tratamento clássico por meio de informações macroscópicas, que não precisam de detalhes quânticos.

A partir dessa orientação, o grupo tentou buscar uma compreensão da interação da radiação com a matéria vinculando ao fenômeno a referida lei. Segue abaixo:

Para entender um pouco mais sobre a interação da radiação com a matéria, podemos fazer uso da Lei de Beer-Lambert.

Para a correta utilização e aplicação da lei de Beer-Lambert, é necessário que estejam reunidos alguns pré-requisitos, nomeadamente:

as partículas (átomos, moléculas ou íons) presentes em solução devem absorver a luz de forma independente entre si;

- o meio absorvente deve ser homogêneo (solução) e não dispersar a radiação;
- a radiação incidente deve estar colimada (raios paralelos entre si) e deve atravessar a mesma distância durante a qual interage com as partículas existentes em solução;
- a radiação deve ser monocromática, isto é, ser composta por apenas um comprimento de onda selecionado (normalmente, correspondente ao comprimento de onda para o qual a absorvência da espécie em estudo é máxima);
- o fluxo da radiação incidente não pode induzir processos que impliquem a desestabilização dos átomos, moléculas ou íons, como por exemplo, excitação eletrônica que dê origem a fenômenos de fluorescência ou fosforescência. (PT – Efeito Estufa).

Observa-se que o grupo tentou demonstrar que o uso da lei empírica de Beer-Bouguer-Lambert auxiliava na compreensão da interação com a radiação da matéria. Podemos notar que a tentativa da incorporação desta lei ao trabalho foi de certa forma incompleta, pois o grupo a menciona, sem explicar e discutir as suas implicações para uma melhor compreensão do fenômeno. Fizeram um apontamento sobre a importância da lei para entender melhor a interação da radiação com a matéria, mas não chegaram a ela a partir do problema do Efeito Estufa. Ao descrever as condições, ou como disseram “pré-requisitos”, não mostraram por que esses são necessários e são aplicáveis ao estudo da absorção da radiação pelas camadas da atmosfera. O que temos nesse momento é uma confusão entre a lei de Beer-Bouguer-Lambert e o seu significado ou sua aplicabilidade.

4.1.3.2 Grupo de Ondas Sísmicas

O grupo destacou como aspectos principais o surgimento das ondas, sua classificação e detecção. Destacaram também que, para a compreensão do tema, torna-se necessário fazer um estudo mais detalhado do meio.

Em seu PT, o grupo menciona algumas considerações a respeito do meio. Podemos observar abaixo:

A propagação de um distúrbio sísmico através de um meio heterogêneo é extremamente complexa. Por isso, antes de qualquer cálculo, é necessário adotar suposições simplificadas. Um meio heterogêneo é frequentemente modelado como uma sucessão de camadas homogêneas. Com uma escolha adequada de espessura, densidade e propriedades elásticas de cada camada, as condições reais podem ser muito bem aproximadas. (PT – Ondas Sísmicas).

Nesse trecho, temos um processo inerente à modelização, que é o fato de idealizar um objeto. Para o estudo do meio, é necessário pensar o meio heterogêneo como sendo formado por camadas homogêneas, selecionando determinadas propriedades dos materiais e gerando uma boa aproximação.

Na continuação do trabalho desenvolvido pelo grupo, os licenciandos passaram a discutir as propriedades do meio e a influência desse para uma onda mecânica. Segue abaixo:

Uma onda mecânica necessita de um meio (via) para se propagar. Esse meio, quando perturbado, tem uma resposta, uma reação, que varia em função das características mecânicas do material. Por exemplo, a velocidade de propagação da onda tem seu valor definido em função de duas propriedades do meio: densidade e resistência mecânica.

Então, para podermos modelar o comportamento da onda propagada, necessitamos ter um conhecimento maior sobre as propriedades dos materiais, dos meios de propagação envolvidos nesse fenômeno. Para isso, um aprofundamento no estudo de “Resistência dos Materiais” ou “Mecânica dos Sólidos” pode nos dar o embasamento necessário. (PT – Ondas Sísmicas).

No trecho acima, podemos observar a razão da escolha dos licenciandos por estudar mais a fundo o meio. Segundo o trecho, por meio desse estudo eles conseguirão ter um maior conhecimento sobre as

ondas mecânicas. No caso deles, podemos pensar especificamente as ondas sísmicas.

O que nos chama a atenção é que o grupo menciona que para se chegar a esse conhecimento é necessário que se faça um estudo sobre a “mecânica dos sólidos”, sendo que, a partir da descrição fenomenológica, poderia gerar questionamentos mais específicos e que seria necessário um estudo associado a esta teoria. Contudo, o que percebemos nos trabalhos dos licenciandos é que eles não partem de uma descrição e problematização para chegar a esta conclusão, fazem apenas um tratamento teórico isolado do tema.

Na sequência do trabalho, eles buscaram se dedicar aos conceitos e processos físicos relacionados ao meio e o resultado pode ser visto mais abaixo:

Para prosseguirmos com o estudo, precisamos definir e entender alguns conceitos, para então avançarmos com nosso modelo e entender os fenômenos envolvidos nas ondas sísmicas.

Isotropia: Propriedade que caracteriza as substâncias que possuem as mesmas propriedades físicas independentemente da direção considerada.

Exemplos:

- materiais isotrópicos: metais (aço, cobre, alumínio), alguns polímeros (PVC, PEAD, polipropileno etc.);
- não isotrópicos: madeira, fibras (de vidro, carbono, Kevlar), tendões do corpo, cordas, etc. (PT – Ondas Sísmicas).

O grupo destaca o conceito de isotropia, citando exemplos de materiais isotrópicos e não isotrópicos. Trata-se de um conceito importante para se construir um modelo para o meio, contudo eles aparecem de forma desconexa ao tema, ou seja, os licenciandos nos transmitem a ideia de que os conceitos físicos não podem surgir naturalmente da exploração do fenômeno. Sendo assim, não relacionam as informações que possuem com sua relevância para o estudo do meio, apenas definem o conceito de isotropia e citam exemplos de materiais isotrópicos e não isotrópicos. Como podemos observar, nos parece que esta é uma característica que acompanhou todo o trabalho deste grupo, pois os licenciandos, em seus apontamentos, preocupam-se sempre em trazer definições muitas vezes desassociadas da temática em exploração.

Posteriormente, o grupo trabalha o conceito de tensão mecânica. Esse é mais um ponto essencial para se criar um modelo de meio e que auxilia compreender melhor as ondas sísmicas. Segue abaixo:

É a grandeza que mensura a distribuição de forças por unidade de área em um material ou meio contínuo. Um caso particular e de fácil compreensão é a tensão uniaxial, em que uma força F é uniformemente distribuída sobre uma área A , sendo que a tensão mecânica é o valor da distribuição dessa força por unidade de área. Nesse caso, a tensão mecânica uniaxial é representada por um escalar designado com a letra grega σ , dada por:

$$\sigma \equiv \frac{F}{A},$$

sendo as unidades Pa (pascal = N/m²), MPa = 10⁶Pa.

A situação anterior pode estender-se a outras mais complicadas, com forças distribuídas não uniformemente no interior de um corpo de geometria mais ou menos complexa. Nesse caso, a tensão mecânica não pode ser representada por um escalar, sendo representada por um tensor.

Deformação mecânica: a deformação ocorre quando é aplicada uma tensão ou variação térmica que altera a forma de um corpo. As deformações por tensão podem ser classificadas basicamente em três tipos: deformação transitória ou elástica, deformação permanente ou plástica e ruptura.

Na deformação elástica, o corpo retorna ao seu estado original após cessar o efeito da tensão. Isso acontece quando o corpo é submetido a uma força que não supere a sua tensão de elasticidade (Lei de Hooke).

Na deformação permanente, o corpo não retorna ao seu estado original, permanece deformado permanentemente. Isso acontece quando o corpo é submetido à tensão de plasticidade, ou seja, uma tensão acima da máxima sustentada pela elasticidade. Por exemplo, quando esticamos uma mola um pouco, ao soltarmos ela voltará ao seu estado original. No entanto, se estendermos demais essa mola, ela não mais voltará ao seu

estado natural e dizemos que ela entrou no regime plástico.

Na deformação por ruptura, o corpo rompe-se em duas ou mais partes. A ruptura acontece quando um corpo recebe uma tensão inicialmente maior daquela que produz a deformação plástica; essa tensão tende a diminuir após o início do processo. As condições de contorno, isto é, a forma de aplicação da força, são os apoios e as restrições envolvidas e resultam em diferentes distribuições de tensões, variando então em relação à reação de apoio ou inércia do corpo; elas podem ocorrer por tração, compressão, cisalhamento, flexão ou torção. (PT – Ondas Sísmicas).

Observamos, no trecho acima, que os licenciandos apontam o conceito de tensão, destacando as deformações do tipo elástica, plástica e por ruptura. Esse é um conceito importante para o estudo das ondas sísmicas, pois a partir dele podemos entender melhor os diferentes tipos de ondas. Novamente destacamos que o grupo não vincula o conceito com o fenômeno, tratando-o de maneira isolada.

Na sequência desse trecho, em seu PT, eles tiveram a mesma postura para os conceitos de forças de tração, compressão, flexão, cisalhamento e torção, buscando sempre definições para os conceitos, de maneira desvinculada da temática.

Em outro ponto do PT, o grupo trabalha o conceito de elasticidade. Segue abaixo:

O parâmetro que relaciona a tensão e a deformação mecânica é denominado de Módulo de Elasticidade ou Módulo Young. Para obter esse coeficiente, na parte linear da curva obtida através de um ensaio mecânico de tração, por exemplo, é utilizada a seguinte fórmula:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

sendo E o módulo de elasticidade, σ a tensão mecânica e ϵ a deformação mecânica. Ou ainda:

$$E = \frac{F \Delta l}{A l_0}$$

onde A é a área da secção transversal, Δl a variação do comprimento inicial e l_0 o comprimento inicial. (PT – Ondas Sísmicas).

A elasticidade, assim como o conceito de tensão, é um dos aspectos importantes para o entendimento do meio. Contudo, da maneira como foi colocado, apenas com a apresentação de fórmulas que nos dão o módulo dessa elasticidade, não podemos, através da escrita dos licenciandos, compreender a relevância desse conceito neste estudo. Como dissemos anteriormente, este é um conceito essencial para a compreensão das ondas sísmicas, permitindo, por exemplo, um melhor entendimento sobre a velocidade dessas.

No seguimento do PT, o grupo apresenta o coeficiente de Poisson, que relaciona as deformações longitudinais e transversais de uma onda, além de um relato sobre deformação superficial e volumétrica, conceitos interessantes para uma melhor compreensão do meio, mas que também foram apresentados da mesma forma que os anteriores, ou seja, destacam os termos sem vinculá-los às ondas sísmicas.

Outro aspecto que ganhou evidência no PT desenvolvido pelo grupo foi o de rigidez do material. Segue abaixo:

Assim como o módulo de elasticidade nos dá o comportamento do material submetido à alguma tensão mecânica, a rigidez nos retorna o comportamento da geometria submetido à alguma força. Temos que:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \varepsilon E$$

Sendo

$$\varepsilon = \Delta l / l_0$$

Usando ainda a relação $k = F / \Delta l$, obtemos:

$$k = \frac{\sigma A}{\varepsilon l_0} = E \frac{A}{l_0}$$

(PT – Ondas Sísmicas).

Novamente o grupo aponta equações, mas sem explorá-las. O fato é que da maneira como está colocado, não proporciona uma ligação contextual com as ondas sísmicas, temos, então, um elencado de conceitos relevantes para o estudo, mas que aparecem de maneira isolada do fenômeno.

Neste trabalho, em que os licenciandos destacam o meio para estudo, este deveria vir acompanhado da exploração do tema. Nota-se, nos trechos analisados acima, que eles sequer apontaram as diferentes camadas da terra com suas diferentes propriedades. Para esse estudo, poderiam ter utilizado uma lei simples (lei de Snell) que permitiria uma melhor compreensão da estrutura terrestre e sua composição, como apontamos em nosso material de referência.

Na sequência do projeto, o grupo volta a explorar as ondas sísmicas, mas sem vincular com o estudo feito anteriormente sobre “mecânica dos sólidos”. Os licenciandos destacaram os conceitos de velocidade, intensidade e magnitude, bem como apresentaram uma figura. Segue abaixo:

A velocidade das ondas sísmicas pode ser calculada a partir das seguintes fórmulas geofísicas:

$$V_p = \sqrt{\frac{K + 4\mu/3}{\delta}} V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\delta}}$$

V_p : velocidade das ondas-P

V_s : velocidade das ondas-S

K: módulo de compressibilidade

μ : rigidez do material a ser atravessado (para materiais líquidos, $\mu = 0$)

δ : densidade do material a ser atravessado

- Intensidade

A intensidade de um sismo é baseada nos efeitos visíveis que provoca e em como é sentido pelas pessoas. É, por isso, um parâmetro subjetivo que depende do critério do observador. Existem três fatores que contribuem para a intensidade de um sismo:

- a) sua magnitude;
- b) proximidade do foco;
- c) agregação do solo.

Um exemplo de como este último fator é importante são os solos arenosos pouco consolidados que tendem a amplificar os movimentos do solo, aumentando assim o grau de destruição.

- Magnitude

A intensidade de uma onda sísmica é baseada nos efeitos visíveis que provoca e em como é sentida pelas pessoas. Sendo um parâmetro subjetivo que depende do critério do observador e está relacionado com a magnitude da onda, proximidade da fonte sísmica e condições do solo na qual se propaga.

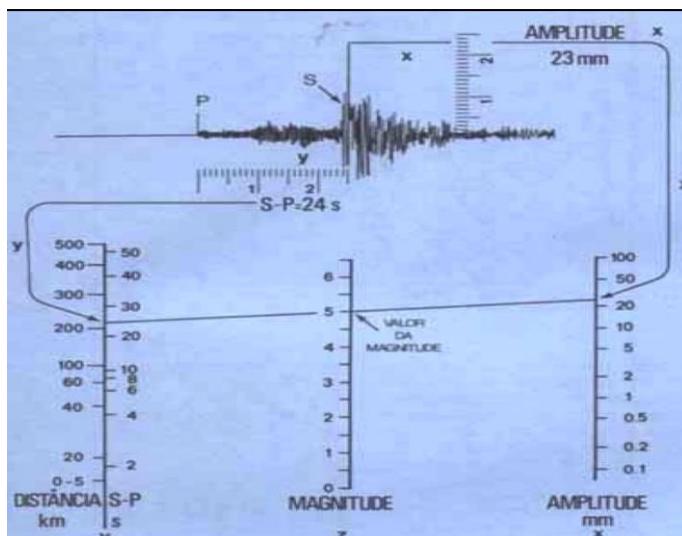
A magnitude, por sua vez, é um parâmetro obtido experimentalmente por meio da medida das amplitudes das ondas sísmicas no sismograma.

Um sismógrafo consta essencialmente de uma base presa ao solo e de um pêndulo associado a um estilete, que deixa um registro num tambor cilíndrico com movimento de rotação. Quando o solo vibra, produz um deslocamento do cilindro em relação ao pêndulo que, devido à sua massa, tem tendência de ficar imóvel. No cilindro fica registrado um traço sinuoso.

Uma maneira de fazer essa medição é a seguinte: (a) marcar na escala das amplitudes (X) o valor máximo de amplitude lido no sismograma (em milímetros); (b) determinar a distância do epicentro à estação sismológica. Por meio do sismograma determina-se essa distância fazendo a diferença dos tempos de chegada das ondas P e S, (D.E. = SP). Pode fazer-se essa determinação utilizando uma régua graduada e medindo o espaço correspondente à diferença do momento de chegada das ondas "S" relativamente às ondas "P".

Neste tipo de escala, deve ter-se em atenção que um milímetro no eixo dos (XX) corresponde a um segundo. Em seguida, marcar o valor obtido na escala (Y); (c) fazer a união entre os dois pontos marcados, os quais intersectam a escala (Z) num ponto que corresponde ao valor da MAGNITUDE determinada por este processo. (PT – Ondas Sísmicas).

Figura 20 – Escala Sísmica.



Fonte: PT – Ondas Sísmicas.

Nos trechos acima, percebemos que os licenciandos falam da velocidade por meio de equações, sem explicar como podemos usá-las para a compreensão da propagação das ondas sísmicas. Como destacamos em nosso material, esta equação corresponde à velocidade de propagação das ondas primárias, sendo que esta, juntamente com a das ondas secundárias, permite entender melhor as velocidades das ondas de corpo ou volume quando melhor exploradas. No trecho, o grupo menciona também a intensidade e magnitude apenas com definições, não explorando os conceitos. Apresentam uma figura, mas não a explicam de maneira clara.

Como mostramos em nosso material de referência, tanto a velocidade e a intensidade poderiam ser tratadas na exploração do tema e o estudo destes parâmetros poderia ser evidenciado no sentido de explorar dois recortes possíveis: a velocidade, para auxiliar na compreensão das propriedades ligadas ao meio e às características das diferentes ondas, enquanto a intensidade serviria para ajudar a compreender os sismos. Mas, o que notamos é que o grupo apenas aponta esses conceitos sem uma devida exploração.

Nesse sentido, podemos perceber que o tratamento feito pelo grupo referente à importância do meio para o estudo das ondas sísmicas apresenta um certo problema. Os licenciandos, mesmo que destacando

conceitos e processos físicos essenciais para o entendimento do meio, fizeram-no de maneira isolada, desvinculado do fenômeno em estudo. E quando voltam a explorar conceitos inerentes às ondas sísmicas, não relacionam com o estudo anterior sobre “mecânica dos sólidos” e apenas apontam parâmetros sem mostrar os critérios adotados para a escolha destes conceitos.

Podemos assim pensar que o grupo, diante das informações contidas no Boneco Primário e nas conversas com o professor, identificou parâmetros essenciais para a realização do trabalho, mas que faltou tratar este material em função da exploração das ondas sísmicas. Esse é um fato importante para nossa pesquisa, cuja discussão será aprofundada na próxima seção.

4.2 DIFICULDADES E RESISTÊNCIAS DOS GRUPOS

A primeira dificuldade dos licenciandos se deu logo nas primeiras aulas da disciplina de INSPE B, no momento em que o professor apresentou o processo que envolveu a fenomenologia e a modelização com o auxílio de dois exemplares distintos (Volta da França de Ciclismo e Tecnologia do Forno de Micro-ondas). Os grupos tiveram bastante dificuldade em distinguir os diferentes papéis dos modelos construídos pelo professor.

Como já foi exposto anteriormente, o primeiro exemplar teve como objetivo fazer uma previsão temporal para que um ciclista percorresse toda a Volta da França. Para isso o professor construiu um modelo que permitiu o estabelecimento de uma representação matemática, possibilitando uma previsão e proporcionando o uso de testes para análise do mesmo. Mais do que explicativo, esse modelo permitiu trabalhar e manipular dados.

Já na apresentação do segundo tema, Tecnologia do Forno de Micro-ondas, o objetivo foi desvendar os fenômenos físicos relacionados ao funcionamento do forno. O tema constou de vários conceitos e processos físicos e envolveu uma sequência maior de fenômenos, aspectos conceituais diversos e um nível de formalização matemática que, como dissemos, pode ser ou não mais avançado, dependendo exclusivamente do foco principal de investigação.

Após a apresentação desses dois exemplares, o que notamos é que os licenciandos tinham como ideia de modelização a construção de um modelo matemático, que permitia o levantamento de dados e que possibilitava fazer previsões, da forma como foi construído o modelo da Volta da França de Ciclismo. Eles tiveram bastante dificuldade em

compreender que a construção de um modelo explicativo feito com o auxílio do exemplar Tecnologia do Forno de Micro-ondas também contemplava a modelização. Como mostramos no primeiro capítulo, o produto final do modelo desenvolvido pelo professor para o segundo tema possuía aspectos diferentes do primeiro, sendo mais qualitativo, fruto de um processo de construção mais complexo.

Diante dessa dificuldade, o professor orientou os grupos de que o tipo de modelo final depende exclusivamente das estratégias e do foco de investigação escolhidos por eles. Qualquer que seja o tema, ele proporciona diversas opções para o processo de modelização, ora semelhante ao da Volta da França ora mais próximo do exemplar Forno de Micro-ondas. O tipo de modelo que resultaria em cada trabalho dependeria apenas das posições e escolhas de cada grupo. Este fato, inclusive, pode ser visto em nosso material de referência para os dois temas selecionados. Como mostramos nos textos, um modelo com representação, passível de estimar e fazer previsões ou simulações, seria possível nos dois projetos em pauta, mas dependeria do foco de investigação escolhido pelos licenciandos, sendo que, como observamos na seção anterior deste capítulo, estes não foram realizados.

Essa primeira dificuldade observada, com respeito ao entendimento dos licenciandos sobre o papel dos modelos e da modelização na construção dos PTs, nos faz refletir. Acostumados a ver a física por meio de modelos e teorias estabelecidos pela ciência, podemos dizer que, ao se depararem com um modelo construído a partir do tema do Forno de Micro-ondas, os licenciandos tentaram vincular esse com o primeiro modelo desenvolvido. Percebemos que os licenciandos, nesse primeiro momento, tinham a ideia de um modelo como sendo apenas um modelo matemático, que permite previsões, simulações e testes mais estruturados e, diante de outro tipo de modelo, houve certa angústia.

Podemos até dizer que o processo de modelização foi bem aceito quando o professor apresentou o primeiro exemplar, o que nos leva a crer que a razão disso se deve a pelo menos dois motivos. Primeiro, devido ao fato de que o modelo construído produz um produto matemático mais semelhante aos que eles estão acostumados a utilizar e, em segundo, porque os licenciandos já possuíam de forma mais consciente e clara os conceitos e processos físicos que o professor elencou na construção desse processo de modelização.

Com o intuito de orientar os licenciandos, o professor utilizou parte da quarta aula para discutir sobre as dúvidas dos licenciandos referentes a essa primeira dificuldade. Para isso, fez um tratamento em

cima do conceito de modelo e de modelização, além de evidenciar aspectos da fenomenologia na criação de um modelo, que surge da exploração de determinado fenômeno. Destacou também que o processo desenvolvido nas duas primeiras etapas, de descrição fenomenológica e escolha do recorte, possui grande relevância para se construir tais modelos, pois somente cumprindo essas etapas é que se desenvolve a modelização. O foco de trabalho, aprofundado durante a modelização, depende exclusivamente de como é a compreensão global dos licenciandos sobre a temática e de quais parâmetros eles vão tratar como relevante ou não. Sendo assim, o professor ressaltou que não se pode separar as três etapas da disciplina.

Uma segunda dificuldade foi durante a descrição fenomenológica. Nesta etapa, observamos certas limitações dos licenciandos em descrever e compreender os fenômenos associados ao tema, além da grande dificuldade em utilizar a temática como uma fonte de questões, ou seja, dificuldade em problematizar o assunto. Essa postura pode ser observada nas perguntas feitas pelo grupo de Efeito Estufa e que mostramos na seção anterior. O grupo enumerou uma série de conceitos e processos físicos relevantes para a compreensão do Efeito Estufa, mas que para um primeiro momento são bastante pontuais, ou seja, esperava-se que, nesta primeira etapa, os licenciandos descrevessem o tema de maneira global e que a partir de uma problematização as especificidades iriam surgir de maneira natural, na busca de um entendimento mais profundo sobre determinado aspecto da temática.

No grupo de ondas sísmicas, a situação foi até mais problemática, pois o grupo não fez questionamentos em seus diários, não apontou suas referências e apresentou materiais com um elencado de definições, muitas vezes sem explorá-las ou sem uma elaboração textual própria. Diante desses acontecimentos que já relatamos anteriormente na seção passada, pudemos identificar uma certa resistência desse grupo para com as atividades propostas na disciplina de INSPE B.

Vale ressaltar que os textos apresentados por esse grupo continha informações relevantes sobre o tema, mas na ausência de questões e de outros fatores que já pontuamos, ficou difícil analisar as opções que os licenciandos fizeram ao longo dos trabalhos, como por exemplo, a escolha por focar em determinados aspectos e não em outros.

Em síntese, acreditamos que essas dificuldades (no caso do grupo de ondas sísmicas, resistências) aparecem na mudança da dinâmica da disciplina de INSPE B e que é diferente das usuais. Acostumados a situações tradicionais de resoluções de listas, provas e questionamentos

orais, quando se deparam com uma situação didática diferenciada surgem os obstáculos.

Em nossa visão, essas dificuldades podem ser caracterizadas como do tipo *mudanças de tarefas e atividades*. O que queremos dizer com isso é que ao acompanhar o desenvolvimento da disciplina e analisar os diários e PTs elaborados pelos licenciandos, pudemos notar:

1) dificuldades de entender os diferentes tipos de modelos e seus papéis¹⁶;

2) dificuldades de reconhecer nos dados e nas informações sobre os temas os conceitos e processos físicos fundamentais;

3) dificuldades na descrição, ainda que qualitativa, integrada aos aspectos essenciais para a compreensão dos fenômenos;

4) dificuldades em formular questões, ou seja, dificuldades em problematizar;

5) dificuldades em explorar e extrair de gráficos e figuras informações importantes para o entendimento do tema;

6) dificuldades no estabelecimento de critérios de seleção ao tentar estabelecer recortes com base na escolha de relevância de determinados aspectos da temática.

Além dessas formas de dificuldades originadas nas mudanças que a disciplina provoca, pudemos também notar outro tipo. Durante o desenvolvimento dos trabalhos que analisamos na seção anterior, os dois grupos buscaram em aportes teóricos suas respostas para o entendimento dos fenômenos. Não queremos dizer que isso seja errado, mas da maneira que eles fizeram, podemos afirmar que não foi satisfatório.

Essa postura pode ser notada no grupo de Efeito Estufa durante a etapa de modelização. No momento em que os licenciandos deveriam buscar referências para seus aprofundamentos, o grupo somente apresentou um tratamento teórico para a interação da radiação com a matéria, mencionando a lei de Beer-Bouguer-Lambert, sem vinculá-la ao tema. Elencaram conceitos inerentes à lei, mas não fizeram a sua exploração, como observamos na seção passada.

Já o grupo de Ondas Sísmicas demonstrou outros aspectos que são ainda mais evidentes dessa postura. Após o professor orientar durante todo o semestre que os licenciandos deveriam buscar no fenômeno os conceitos e processos físicos, o grupo (como já mostramos, mas merece ser ressaltado) em seu PT escreve: “Previamente, faremos

¹⁶ Esta dificuldade pode também ser percebida em Machado (2009), quando a autora identifica as diferentes concepções que os licenciandos têm sobre modelos.

um resumo sobre os conceitos básicos de ondas que consideramos importantes para um bom entendimento de ondas sísmicas.” Sendo assim, iniciam seu trabalho definindo o conceito de onda, com suas propriedades e características, sem ao menos vincular esse estudo ao tema.

Em outro trecho do PT, que também já apresentamos, esse grupo ainda menciona: “Agora que já temos conhecimento do que é uma onda, vamos falar sobre ondas sísmicas.” Dessa forma, notamos que, na visão dos alunos, o entendimento das ondas sísmicas estaria extremamente ligado a um primeiro entendimento dos conceitos de ondas, ou seja, primeiro a teoria, depois o fenômeno. Segundo Dahlin et al. (2009), essa postura de ver primeiro a teoria para depois associá-la ao fenômeno pode ser denominada de reversão ontológica. O que temos é uma substituição da percepção do fenômeno por uma percepção abstrata, que observa o mundo apenas com a utilização de modelos, teorias, leis e fórmulas matemáticas.

Essa postura pode também ser observada no momento em que este grupo escolhe como recorte o meio. Ao invés de buscar entender como o meio influencia os diferentes tipos de ondas sísmicas, eles passaram a apresentar um conteúdo sobre “mecânica dos sólidos”, sem relacionar com o fenômeno em estudo.

Esse tipo de dificuldade/resistência foi um ponto chave para nossa pesquisa, pois a partir da análise dos trabalhos entregues pelos dois grupos e de nosso referencial teórico pudemos refletir sobre como a tradição relacionada a uma instituição universitária influencia na formação do professor de física. Escolhemos, neste trabalho, uma pequena parte para investigar essa problemática, por meio da análise dos diários e PTs desenvolvidos pelos licenciandos na disciplina de INSPE B, mas entendemos que este enfoque permite uma análise em outros pontos, como por exemplo, a presença de uma reversão ontológica nos livros didáticos escolares e acadêmicos. Deixamos esta ideia para futuras pesquisas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fenomenologia e a modelização deveriam ser conteúdos de formação dos estudantes de física, bacharelandos e licenciandos. Pensamos que para os licenciandos isso é da maior importância, pois é um instrumento que pode capacitá-los a levar para o Ensino Médio temas que possuem uma maior aproximação dos fenômenos naturais e tecnológicos.

Acreditamos que a utilização de uma proposta que evidencie a fenomenologia e a modelização pode também possibilitar ao licenciando dialogar com outras disciplinas e associar os conteúdos da física a contextos mais amplos, abordando-os através de enfoques pedagógicos mais abrangentes. No curso de Licenciatura em Física da UFSC tem-se feito um esforço nesta direção por meio das disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física.

Como já relatado, em um primeiro momento, na disciplina de INSPE A, os licenciandos foram levados a refletir e analisar projetos didáticos e pesquisas na área de ensino de ciências. Isso é importante para o conjunto das disciplinas, pois propiciou aos licenciandos uma visão mais crítica sobre o processo de ensino, além de fornecer a eles subsídio para um futuro desenvolvimento do PT e aplicação de um minicurso. Nestes trabalhos eles deveriam vincular a exploração de determinado fenômeno com algum enfoque, como história da ciência, interdisciplinaridade, atividades experimentais etc.

O processo de construção do PT iniciou em INSPE B, no qual os licenciandos passaram por uma situação didática diferenciada, isto é, desde as primeiras atividades propostas pelo professor na disciplina, os grupos foram envolvidos em tarefas diferentes das que eles estavam acostumados.

Nessa disciplina, eles tiveram a oportunidade de explorar temáticas que envolviam fenômenos complexos e realistas, que apresentavam de forma significativa conceitos e processos físicos, bem como as implicações sociais, culturais e econômicas da ciência. Nesta fase, eles desenvolveram um trabalho com um nível de exigência para o Ensino Superior. Sendo assim, os projetos desenvolvidos pelos grupos possuíam um domínio conceitual sobre a temática global e certo aprofundamento em parâmetros relevantes dentro do tema. Esses surgiram do interesse que cada grupo teve ao desenvolver suas investigações. A elaboração do PT na disciplina de INSPE B se deu em três etapas: descrição fenomenológica, escolha do recorte e modelização.

Aqueles que tiveram dedicação puderam compreender melhor a natureza da ciência por meio do estudo de fenômenos e modelos, bem como tiveram a oportunidade de trabalhar uma situação didática completa e inovadora, pois o material produzido em INSPE B serviria como apoio para um futuro material em INSPE C, destinado a professores e alunos do Ensino Médio.

Em nossa pesquisa, buscamos investigar o processo de construção dos PTs no decorrer de INSPE B. Para isso acompanhamos o desenvolvimento da disciplina durante o segundo semestre de 2011.

Em busca de cumprir com nosso objeto de pesquisa, escolhemos analisar os trabalhos de dois grupos que participaram das atividades propostas na disciplina. Durante nossa investigação pudemos observar dois blocos de grupos com características distintas. O primeiro era formado por grupos que estavam desde o início motivados e interessados na disciplina, enquanto o segundo continha grupos que possuíam certas resistências. Sendo assim, escolhemos o grupo de Efeito Estufa como representativo do primeiro bloco e o grupo de Ondas Sísmicas como representante do segundo.

Para essa análise utilizamos os diários e os PTs desenvolvidos pelos dois grupos. Nosso intuito foi de evidenciar todo o processo contemplado nas três etapas da disciplina, bem como identificar as dificuldades e resistências apresentadas pelos licenciandos. O grupo de Efeito Estufa entregou dois diários e um PT, enquanto o grupo de Ondas Sísmicas entregou quatro diários e um PT.

Observando esses trabalhos, que foram analisados no capítulo anterior, podemos perceber que eles tiveram grandes dificuldades na primeira etapa (no caso do grupo de Ondas Sísmicas, podemos falar em resistências). Devido a este fato, o professor destinou um número maior de aulas para esse momento inicial. Como mostramos anteriormente, se olharmos apenas o primeiro diário entregue por eles, poderemos observar que eles não conseguiram estabelecer uma trama conceitual coerente com a fenomenologia dos projetos. Dedicaram-se apenas a apontar diversos conceitos físicos presentes no tema, mas sem estabelecer a vinculação entre eles e seu papel na explicação dos fenômenos.

Porém, com o desenrolar da disciplina, os grupos apresentaram maior clareza em seus apontamentos e conseguiram fazer uma descrição satisfatória. Essa evolução pode ser identificada no capítulo anterior, ao olharmos a produção textual dos licenciandos nos outros diários entregues e em seus PTs.

Na segunda etapa, de escolha do recorte, pudemos observar que os grupos apresentaram parâmetros relevantes para o entendimento do tema, identificando-os para posterior aprofundamento e, na etapa de modelização, os grupos voltaram a apresentar certas dificuldades. A partir do momento em que eles deveriam buscar modelos e/ou teorias científicas suportes para seus aprofundamentos, eles acabaram deixando o fenômeno à parte e se concentraram em explorar os conceitos de forma isolada.

Essas dificuldades e resistências apresentadas já eram esperadas ao longo do curso, tanto que dedicamos uma seção do último capítulo para destacá-las. O que ressaltamos é que podemos agrupar esses obstáculos como sendo manifestações de dois tipos: *mudanças de tarefas e atividades; reversão ontológica*.

O primeiro tipo pode ser observado ao analisarmos os diários e PTs, nos quais os licenciandos apresentaram dificuldades em entender os diferentes tipos de modelos e seus papéis; dificuldades de reconhecer nos dados e nas informações sobre os temas os processos físicos fundamentais; dificuldades na descrição, ainda que qualitativa, integrada aos aspectos essenciais para a compreensão dos fenômenos; dificuldades em formular questões, ou seja, dificuldades em problematizar; dificuldades em explorar e extrair de gráficos e figuras informações importantes para o entendimento do tema; dificuldades no estabelecimento de critérios de seleção ao tentar estabelecer recortes com base na escolha de relevância de determinados aspectos da temática.

Já a reversão ontológica pode ser observada no momento em que os licenciandos buscaram suas explicações em teorias e/ou modelos científicos, muitas das vezes esquecendo totalmente do fenômeno em estudo. E isso não poderia ser diferente, pois temos um ensino acostumado a apenas utilizar os modelos e as teorias da ciência, sem envolver fenômenos complexos e realistas, um ensino em que o processo não é valorizado e sim o produto. Embora tenhamos apresentado dados de apenas dois grupos (Efeito Estufa e Ondas Sísmica), é possível conjecturar que os resultados obtidos mostrariam um comportamento similar em todos os outros grupos.

Podemos ainda levantar a hipótese de que os licenciandos não tenham compreendido bem os objetivos de INSPE B, sendo esse também um possível diagnóstico da presença de dificuldades e resistências por parte dos grupos ao longo da disciplina. Nesse ponto, assumimos que faltaram dados para inferir essa consideração com maior clareza, mas que a partir dos trabalhos analisados em nossa pesquisa e

do acompanhamento realizado por nós no decorrer da disciplina, podemos supor que as estratégias utilizadas pelo professor para orientar os grupos quanto às atividades que foram desenvolvidas talvez não tenham sido suficientes para um maior entendimento dos licenciandos.

Por fim, acreditamos que nosso trabalho traz uma importante contribuição para a disciplina ao evidenciar uma abordagem que envolve a fenomenologia e a modelização. Esperamos que novas pesquisas sejam realizadas e que possam colaborar com o desenvolvimento da disciplina e a formação de professores em física.

REFERÊNCIAS

ALES BELLO, A. **Introdução à Fenomenologia**. Tradução Ir. Jacinta Turolo Garcia e Miguel Mahfoud. Bauru, SP: Edusc, 2006.

AMORIN, H. S.; BARROS, S. L. S. **Instrumentação às disciplinas Instrumentação para o Ensino de Física (IPEF) 1 e 2**. Rio de Janeiro, 2008. Texto utilizado do curso de Licenciatura em Física a distância da UFRJ-Cederj. Editado e financiado pela Fundação Cecierj. Disponível em:

<http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/material_didatico/2008/instrumentacao_ensino_fisica.pdf> Acesso em: 07 jun. 2013.

ASSUMPÇÃO, M.; DIAS NETO, C. M. Sismicidade e estrutura interna da Terra. In: TEIXEIRA, W. et al. (org.).

Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000, p. 43-62.

BRASIL. Centro de Ciência do Sistema Terrestre. **Mudanças Climáticas**. Brasília: MCT, INPE, 2011. Disponível em:

<<http://mudancasclimaticas.ccst.inpe.br/arquivos/Mudancas%20Climaticas%20apostila.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2013.

BRAVO, R. S. **Técnicas de investigação social: Teoria e ejercicios**. 7 ed. Ver. Madrid: Paraninfo, 1991.

BREWE, E. Modeling theory applied: Modeling instruction in introductory physics, **American Journal Physics**, 2008.

BRUNETTA, R. **O Processamento da sísmica de reflexão rasa – desafios encontrados no estudo de modelos análogos a reservatórios fraturados**. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geologia, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BUNGE, M. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

_____. **Física e Filosofia**. São Paulo: Perspectiva, 2012.

CABRAL, Gabriela. **Placas Tectônicas**. Brasil, 2013. Disponível em:

<<http://www.alunosonline.com.br/geografia/placas-tectonicas.html>>. Acesso em: 17 set. 2013.

CAMPOS, R. I.; DE SOUZA CRUZ, F. F.; DOS SANTOS, P. J. S.; CRUZ, S. M. S. S. Reversão ontológica e o enfoque fenomenológico numa disciplina de “Instrumentação para o Ensino de Física”. In: **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Águas de Lindóia, 2013.

CHAKRAVARTTY, A. The Semantic or Model-Theoretic view of Theories and Scientific Realism. **Synthese**, v. 127, n. 3, 2001, p. 325 - 345.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Tradução Ir. Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHIBENI, S. S. **Teorias construtivas e teorias fenomenológicas**. Textos Didáticos, 1999. Disponível em:
<<http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/tiposdeteorias.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

COLINVAUX, D. **Modelos e educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Ravel, 1998.

CUDMANI, L. C.; SANDOVAL, J. S. Modelo Físico e realidade: importância epistemológica de sua adequação quantitativa. Implicações para a aprendizagem. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 8, n. 3, 1991, p.193 - 204.

CUPANI, A.; PIETROCOLA, M. A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. especial, 2002, p. 100-125.

DAHLIN, B.; OSTERGAARD, E.; HUGO, A. An Argument for Reversing the Bases Science Education - A Phenomenological Alternative to Cognitivism. **Nordina, Nordic Studies Science Education**, 2009, p. 185-199.

DA SILVA, F. A. S. S. **O Papel da Instrumentação para o Ensino de Física na formação do licenciando em Física**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

DEPARTAMENTO DE FÍSICA/UFSC. **Instrumentação para o Ensino de Física A**. Santa Catarina, 2007. Disponível em: <http://www.fsc.ufsc.br/ensino/graduacao/disciplinas_graduacao/fsc5117.html>. Acesso em: 10 jul. 2013.

DE SOUZA CRUZ, F. F.; REZENDE JUNIOR, M. F.; CRUZ, S. M. S. S. A Teoria dos Campos Conceituais e as Situações Escolares. In: **V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Bauru, 2005.

DEVEGILI, K. L. **Os projetos temáticos na formação de professores de física na UFSC**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

ECHER, E; SOUZA, M. P.; SCHUCH, N. J. A Lei de Beer Aplicada na Atmosfera Terrestre. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Santa Catarina: UFSC, v. 23, n. 3, 2001.

FOONG, S. K. An accurate analytical solution of a zero-dimensional greenhouse model of global warming. In: **European Journal of Physics**, v. 27 (4), 2006, p. 933.

FRENCH, S. **Ciência: conceitos-chave em filosofia**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GARNICA, A. V. M. Algumas notas sobre pesquisa qualitativa e fenomenologia. In: **Interface – comunicação, saúde, educação**, v. 1, n. 1, Botucatu, São Paulo: Fundação UNI, 1997.

GILBERT, J.; BOULTER, C. Aprendendo ciências através de modelos e modelagem. In: COLINVAUX, D. (Org.). **Modelos e educação em ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

GRIMM, A. M. **Introdução a Meteorologia**. Notas de Aula, 1999. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap1/cap1-2.html>>. Acesso em: 12 ago. 2013.

HEMPEL, C. G. Explicação científica. In: MORGENBESSER, S. (org). **Filosofia da ciência**. São Paulo: Cultrix, 1979.

HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics instruction. In: **American Journal of Physics**, v. 55, 1987, p. 440–454.

_____. MODELING is the name of the game. In: **Apresentation at the NSF Modeling Conference**, 1993.

_____. Modeling Methodology for physics teachers. In: **Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education**, 1996.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução Trieste Freire Ricci; Maria Helena Gravina. Porto Alegre: Bookman, 2002.

HOUAISS, A; VILLAR, M. S.; FRANCO, F. M. M. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

KNOX, R. S. Physical aspects of the greenhouse effect and global warming. **American Journal of Physics**, v. 67 (12), 1999, p. 1227-1238.

KRAPAS, S.; QUEIROZ, G.; COLINVAUX, D.; FRANCO, C.; ALVES, F. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. In: COLINVAUX, D. (Org.). **Modelos e educação em ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

KUHN, T. A. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1975.

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

MACHADO, J. **Modelização na Formação Inicial de Professores de Física**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

MARTINS, J. A pesquisa qualitativa. In: FAZENDA, I. (Org.). **Metodologia da pesquisa educacional**. 9 ed. São Paulo: Cortez, 2004.

MIRANDA, J. M.; LUIS, J. F.; TEVES COSTA, P.; SANTOS, F. M. Sismologia. In: **Manual de Fundamentos de geofísica**. Lisboa: Instituto Geofísico do Infante D. Luís, Centro de Geofísica da

Universidade de Lisboa. p. 17-64. Disponível em:
<<http://www.igidl.ul.pt/download.htm>>. Acesso em: 17 ago. 2013.

MOLINA, E. C. **Sismologia**. Outubro de 2012. Notas de Aula.
Disponível em:
<http://www.iag.usp.br/~eder/ensinarcompesquisa/Sismologia_f.pdf>.
Acesso em: 17 ago. 2013.

MOURÃO, R. R. F. **Sol e Energia no terceiro milênio**. São Paulo:
Scipione, 2000.

OBSERVATÓRIO SISMOLÓGICO/UNB. **Como são registrados os terremotos**. Brasília, 2013. Disponível em:
<http://www.obsis.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=68f>. Acesso em: 10 jul. 2013.

OSTERGAARD, E.; DAHLIN, B; HUGO, A. Doing phenomenology in science education: a research review. In: *Studies in Science Education*, Londres (Inglaterra), vol. 44, n. 2, p. 93 – 121, 2008.

OSTERGAARD, E.; HUGO, A; DAHLIN, B. From phenomenon to concept: designing phenomenological science education. In: **VI IOSTE Symposium for Central and Eastern Europe Countries**, Siauliai (Lituânia), 2007, p. 123 – 129.

PIETROCOLA, M. **Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. Investigações em Ensino de Ciências**. v. 4, n. 3. Porto Alegre: IFUFRGS, 1999.

_____. **Construção e Realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo**. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física – Conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PINA, A.; SILVA, L. F.; JUNIOR, Z. T. O. Mudanças Climáticas: Reflexões para subsidiar esta discussão em aulas de física. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**. v. 27, n. 3. Santa Catarina: UFSC, 2010.

PINHEIRO, T. F.; PIETROCOLA, M.; PINHO ALVES, J. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: PIETROCOLA, M. (Org.).

Ensino de Física – Conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

REZENDE JUNIOR, M. F. **O processo de conceitualização em situações diferenciadas na formação inicial de professores de Física.** Tese de Doutorado. Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SHARMA, P. V. **Environmental and Engineering Geophysics.** Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

SÓ BIOLOGIA. **Os terremotos.** Brasil, 2013. Disponível em: <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Solo/Solo2.php>>. Acesso em: 17 set. 2013.

TAVARES, M.; SANTIAGO, M. A. M. Eletricidade Atmosférica e Fenômenos Correlatados. **Caderno Brasileiro de ensino de Física.** v. 24, n. 4. Santa Catarina: UFSC, 2002.

TRIVIÑOS, A. **Introdução à pesquisa em ciências sociais:** a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 2008.

VEIGA, J. E. **Aquecimento Global:** frias contendas científicas. São Paulo: Senac, 2008.

VITORINO, G. M. S. H. **Modelação das Ondas de Rayleigh.** Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2010.

APÊNDICE

TEORIAS E MODELOS PARA A FÍSICA

A física pode ser entendida como uma das formas possíveis e aceitáveis de representar o mundo. O fruto disso é um *mundo físico* que foi construído ao longo de vários séculos de pesquisa, em um processo não linear e cumulativo, mas sim por rupturas¹⁷, que provocam grandes revisões aos pressupostos científicos. Podemos compreender a física como uma forma coletiva e organizada de produzir representações coerentes sobre o mundo físico, que é parte de um mundo natural. O resultado é um nível de realidade que pode ser definida como *realidade física*. (PIETROCOLA, 2001).

O conhecimento construído por essa ciência difere do conhecimento comum pela sua objetividade, precisão e estrutura. A objetividade no modo de pensar permite fazer distinções claras das propriedades dos objetos e delimitar informações suficientes para o entendimento de determinado foco de investigação. A precisão, ao levar em conta aspectos qualitativos e quantitativos das propriedades do objeto, possibilita uma descrição bem específica, passo essencial para o desenvolvimento da ciência. Já a estrutura, por meio da utilização e criação de modelos e teorias, concentra-se nos processos desenvolvidos para chegar ao conhecimento científico. (HESTENES, 1993).

Diferenciada por sua objetividade, precisão e estrutura e que por isto legítima de construir imagens coerentes da realidade, pode-se assim entender a física como uma das formas possíveis e aceitáveis de ver e transformar o mundo. Contudo, não se pode atribuir ao conhecimento científico *status* de verdade absoluta e inquestionável, mas é preciso compreendê-lo como uma atividade historicamente validada que possibilita a interpretação do mundo. (PIETROCOLA, 1999).

Para Pietrocola (1999), a realidade vista aos olhos da física é baseada na utilização de teorias, modelos e dados empíricos, com suas devidas vinculações com um mundo exterior e complexo. Segundo o autor, em um processo de teorização característica das ciências desenvolvidas pelas sociedades modernas, a física constrói representações do mundo, que traz consigo aspectos relevantes para a compreensão da realidade.

¹⁷ Ver “A estrutura das revoluções científicas”, Khun (1975).

Nessa perspectiva de construção do conhecimento científico e que é fundamentada em Mario Bunge (1974), podemos entender que a prática dos cientistas se concentra em observar e interpretar fenômenos e construir modelos teóricos capazes de representá-los. (CUDMANI; SANDOVAL, 1991). Pode-se dizer que esse trabalho consiste em incorporar a um objeto de estudo marcos teóricos que fundamentam e favoreçam a compreensão e a explicação de determinado fenômeno, num processo denominado de modelização.

Para Bunge (1974), a busca por uma conceitualização da realidade se inicia extraindo aspectos comuns de determinados fenômenos e os agrupando em “classes de equivalência”, sendo o resultado desse processo o nascimento do *objeto-modelo* ou modelo conceitual.

Posteriormente, uma teoria universal, que tem pela própria natureza um caráter mais geral e que pode ser aplicada a vários fenômenos, é incorporada ao objeto-modelo. Dessa forma, constrói um modelo teórico. Nas palavras do autor, o modelo teórico é:

[...] um sistema hipotético-dedutivo que concerne a um objeto modelo, que é, por sua vez, uma representação conceitual esquemática de uma coisa ou de uma situação real ou suposta como tal. (BUNGE, 1974, p. 16).

Como exposto, o objeto-modelo apresenta e representa aspectos ligados à realidade, enquanto o modelo teórico mostra o comportamento deles. Nesse sentido, o modelo teórico, sendo um sistema hipotético-dedutivo, funciona como um gerador de proposições a partir de suposições iniciais, ou seja, permite previsões. Essas são possíveis graças a uma rede de relações dedutivas, na qual o modelo pode extrapolar situações para as quais foi inicialmente construído e expor propriedades e comportamentos dos objetos-modelos nele inseridos. (PIETROCOLA, 1999).

Como exemplo podemos nos remeter à seguinte situação: ao analisar o comportamento de um gás deve-se, primeiro, fazer uma representação conceitual das suas moléculas. Para isso, considera-se um gás idealizado formado por moléculas pontuais e que sofrem somente movimento de translação. Admite também a ideia de não existir atração ou repulsão entre elas e que os choques são perfeitamente elásticos. Constrói-se assim um objeto-modelo ou modelo conceitual para essas moléculas. Feito isso, pode-se aplicar ao objeto-modelo uma teoria

universal. Nesse caso, ao analisar o movimento das moléculas de um gás ideal por meio da Mecânica Clássica, o resultado é um modelo teórico para os gases ideais. (MACHADO, 2009).

Nessa perspectiva epistemológica, uma das maneiras de se construir o conhecimento científico pela física é por meio de uma exploração de fenômenos e de suas relações com uma teoria geral, formada por conceitos, leis, princípios, convenções, sendo que esses se articulam em operações lógicas e matemáticas, proporcionando um significado formal para alguns modelos teóricos. (PINHEIRO et al., 2001).

Sobre os modelos teóricos e o processo de construção desses, Pietrocola (1999) afirma:

Os modelos são abordados na medida em que se procura relações entre as teorias e os dados empíricos. Estes são os intermediários entre as duas instâncias limítrofes do fazer científico: conceitos e medidas. [...] as teorias por si só nada valem no contexto científico, pois sendo abstrações produzidas por nossa razão e intuição não se aplicariam *a priori* às coisas reais. Por outro lado, os dados empíricos, apesar de mais próximos da realidade, não podem ser inseridos em sistemas lógicos e gerar conhecimento. Desta aparente dicotomia entre teórico e empírico, é introduzida a modelização como instância mediadora. (PIETROCOLA, 1999, p. 222,).

Podemos assim entender que os modelos teóricos não nos fornecem uma imagem idêntica da realidade, tal como uma fotografia. Pode-se dizer que seria mais semelhante a uma caricatura, na qual as principais propriedades e qualidades do fenômeno são destacadas. Isso significa que a realidade considerada nos modelos passa por um processo de abstração e idealização.

Vale dizer que a utilização de ferramentas como a abstração e a idealização não diminuem a aceção realista do conhecimento científico, mas apenas indicam que os modelos teóricos não são acessíveis a uma percepção sensorial e sim inferidos a partir de uma teoria. Nesse sentido, esses modelos são tratados como sendo uma representação simbólica da realidade, mesmo que de forma aproximada, pontual e até provisória. (PIETROCOLA, 1999).

Além dessa perspectiva que envolve a construção do conhecimento científico por meio da criação de modelos teóricos, podemos pensar também em um processo que abarca a fenomenologia, como foi definida na seção passada. Tal perspectiva é interessante quando não se é possível interpretar e descrever os resultados observados a partir das teorias universais. Por meio da exploração de fenômenos, pode-se chegar a uma teoria fenomenológica.

A teoria fenomenológica é uma teoria que, embora possa posteriormente ser relacionada com teorias universais, não emerge dedutivamente delas. (CHIBENI, 2008). São teorias construídas a partir dos conceitos e processos físicos presentes nos fenômenos, que permitem representar o objeto e geram um quadro descritivo e explanatório. (BUNGE, 1974).

Um exemplo na história da física que podemos citar é a termodinâmica. Segundo Chibeni (2008), a termodinâmica que se desenvolveu inicialmente na primeira metade do século XIX constituiu uma teoria fenomenológica fundamental para o estudo dos fenômenos térmicos. A termodinâmica, que não faz suposição sobre a natureza dos constituintes do sistema, descreve a entropia, por exemplo, como uma grandeza que relaciona a quantidade de calor com a temperatura do sistema. Caso queira complementar o estudo sobre entropia, pode-se utilizar a Mecânica Estatística, que é uma teoria universal e que analisa esse conceito através da medida da desordem microscópica do sistema. (BUNGE, 1974; MACHADO, 2009).

Ao pensar na evolução científica, podemos dizer que tanto as teorias universais quanto as fenomenológicas desempenham papel importante no desenvolvimento da ciência. Enquanto as teorias universais parecem possuir uma força maior de explicação, as fenomenológicas aparentemente possuem maior estabilidade na evolução da física, atravessando revoluções científicas sem a necessidade de alterá-las. (CHIBENI, 2008).

Segundo Bunge (1974), existe uma grande diferença entre as teorias universais e fenomenológicas¹⁸. Para o autor, as teorias fenomenológicas descrevem variáveis externas (forma, cor etc.) ou indiretamente mensuráveis (ddp, temperatura etc.), enquanto as

¹⁸ O autor prefere utilizar os termos “teoria da caixa negra” para as teorias fenomenológicas e “teoria da caixa translúcida ou representacional” para as teorias universais. Para uma explicação detalhada, ver capítulo cinco do livro “Teoria e Realidade” de Mário Bunge (1974).

universais fazem referência aos processos internos por meio de variáveis indiretamente controláveis (posição do elétron, fase de uma onda eletromagnética etc.). Em síntese, ele quer dizer que as teorias fenomenológicas enfocam o comportamento dos sistemas e as universais tentam explicar esse comportamento por meio da constituição e estrutura dos sistemas.

Bunge (1974) também destaca outras teorias que podem ser tidas como fenomenológicas na física, além da termodinâmica e as teorias universais complementares a elas:

(I) *Cinémática*, ou estudo do movimento, sem levar em conta as forças envolvidas – estudo que fica a cargo da dinâmica, uma teoria típica da caixa translúcida.

(II) *Óptica Geométrica*, ou a teoria dos raios luminosos, que não faz suposição acerca da natureza e estrutura da luz, um problema abordado pela óptica física, uma teoria representacional. [...]

(IV) *Teoria do Circuito Elétrico*, na qual cada elemento em um circuito é tratado como unidade despida de estrutura interna; tal estrutura é o objeto da teoria dos campos e da teoria do elétron.

(V) *Teoria da Matriz de Espalhamento*, na física nuclear e atômica que enfoca as características mensuráveis dos fluxos de partículas que entram e que saem; a correspondente teoria da caixa translúcida é a usual teoria quântica hamiltoniana, cujos postulados definem as interações entre as partículas. (BUNGE, 1974, p. 69).

Com esses exemplos, Bunge (1974) mostra que as teorias fenomenológicas são necessárias, pois fornecem uma apresentação global do sistema, uma aproximação inicial que propicia possíveis aprofundamentos. O que vai definir essa complementação é o objetivo do trabalho, ou seja, as teorias fenomenológicas são suficientes para certos fins.

Em conclusão, entendemos que as teorias fenomenológicas podem proporcionar uma explanação do fenômeno observado e uma previsão satisfatória de um conjunto de dados sobre ele, enquanto que as teorias universais irão fornecer uma *interpretação* dos dados, sendo que

essa segunda busca uma abordagem mais profunda do fenômeno.
(BUNGE, 1974).

ANEXO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Disciplina: **INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA B (FSC - 5118)**

Pré-Requisito: **FSC-5194; FSC 5117 E MEN 5132.**

Horário: Turmas **A e B : 20202/420202**

Professores: **Frederico Firmo de Souza Cruz (fred@fsc.ufsc.br)**

CRONOGRAMA 2011-2

ME S	DIA	SE M	PROGRAMAÇÃO	ATIVIDADE
	09	S	Apresentação da disciplina	
A	10	Q	Divisão de grupos e instruções referentes a Fenomenologia Modelização	Exposição + Discussão
G	15	S	Projetos inovadores de Ensino de Física EXEMPLAR DE UM PROJETO!	Exposição e Discussão
O	17	Q	Projetos inovadores de Ensino de Física EXEMPLAR DE UM PROJETOII	Exposição e discussão (sala)
S	22	S	Elaboração do projeto - definindo o recorte	Trabalho em grupo (sala)
T	23	Q	Elaboração do projeto - árvore de conceitos	Trabalho em grupo (sala)
O	29	S	Elaboração do projeto - construindo o modelo	Trabalho em grupo (sala)
	31	Q	Elaboração do projeto - construindo o modelo	Trabalho em grupo (sala)
S	01	Q	Elaboração do projeto - construindo o modelo	Trabalho em grupo (sala)
E	05	S	Seminário I - Relatório I	Grupos (X + Y)
T	07	Q	DIA NÃO LETIVO--IND. BRASIL	
E	12	S	Seminário I - Relatório I	Grupos (J + K)
M	14	Q	Seminário I - Relatório I	Grupos (L + M)
B	19	S	PROVA I	
R	21	Q	Elaboração do projeto	Trabalho em grupo (sala)
O	26	S	Elaboração do projeto	Trabalho em grupo (sala)
	28	Q	Elaboração do projeto	Trabalho em grupo (sala)

O	03	S	Elaboração do projeto	Trabalho em grupo (sala)
U	05	Q	Elaboração do projeto	Trabalho em grupo (sala)
T	10	S		
U	12	Q	DIA NÃO LETIVO	
B	17	S	Laboratório Didático experimentos e projetos.	Exposição+ Discussão
R	20	Q	SEPEX	Exposição+ Discussão
O	25	S	Fenomenologia e Modelos	Exposição+ Discussão
	27	Q	Alfabetização Científica: CTS	Exposição+ Discussão
	31	S	Elaboração do projeto	Trabalho em grupo (sala)
N	2	Q	FERIADO - FINADOS	
O	07	S	Prova 2	
V	09	Q	Elaboração do projeto	Trabalho em grupo (sala)
E	14	S	Dia não letivo-FERIADO - PROCLAMAÇÃO da REPÚBLICA	
M	16	Q	Elaboração do projeto	Trabalho em grupo (sala)
B	21	S	Elaboração do projeto	Trabalho em grupo (sala)
R	23	Q	Elaboração do projeto	Trabalho em grupo (sala)
O	28	S	Apresentação do projeto temático	Grupo A-
	30	Q	Apresentação do projeto temático	Grupo B
D	05	S	Apresentação do projeto temático	Grupo C
E	07	Q	Apresentação do projeto temático	Grupo D
Z	12	S	Apresentação do projeto temático	Grupo E
E	15	Qta	Entrega da nota final . término do semestre	
M	19		RECUPERAÇÃO	
B	21	Sex ta	PUBLICAÇÃO DAS NOTAS	
R				

1. PROJETO TEMÁTICO

•Os alunos deverão se dividir em grupos com **QUATRO E TRÊS** alunos (média) cada. Esta divisão se faz necessária para as atividades previstas para **Instrumentação C**.

- Cada grupo **sorteará** um projeto temático que será desenvolvido e composto de:
 - Material instrucional para o professor, contemplando uma nova **organização do conteúdo**.
 - Planejamento da distribuição do conteúdo do projeto para um minicurso de 8 (oito) aulas.

*A versão final do projeto temático deverá ser entregue em cópia
papel e
CD na data da apresentação final - sem prorrogação de prazo.*

2. AVALIAÇÃO

A avaliação final da disciplina será realizada por notas divididas em cinco grandes blocos:

•Fase de preparação: - Seminário e Relatório - apresentação e registro das atividades e da produção no período (peso 2,0)

•Projeto temático: apresentação final e material entregue (peso 3,0)

•Participação, (peso 1,0) Contará a participação e o empenho individual ao longo das atividades da disciplina.

•Provas (Peso 4,0)

•Prova 1 - (peso 2) - será objeto de avaliação o processo de elaboração (tema, redução, modelização, etc) e os conteúdos do projetos temático desenvolvidas pelo grupo.

•Prova 1 - (peso 2) - será objeto de avaliação os conteúdos: Laboratório Didático, CTS e ACT. Modelos.

A aprovação será concedida ao aluno que apresentar média final igual ou superior a 6,0 (seis vg zero)

A recuperação será concedida ao aluno que tiver média final entre 3,0 e 5,5

DISTRIBUIÇÃO GRUPOS-PROJETOS

GRUPO	PROJETO TEMÁTICO	COMPONENTES			
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Bibliografia

CADERNO CATARINENSE DE ENSINO DE FÍSICA - Departamento de Física/UFSC.
Editora da UFSC, Florianópolis.

GRAF - Textos de mecânica, termologia e eletromagnetismo. Editora da USP, São Paulo, 1993.

REVISTA DE ENSINO DE FÍSICA - Sociedade Brasileira de Física.

DELIZOICOV, D & ANGOTTI, J.A *Física*. Ed. Cortez, 1991.

Astolfi, J. P. & Develay, M., J. 1995 - *A didática das ciências*, editora Papirus, Campinas, 1995

Pietrocola M. (Org.) *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Ed. UFSC. 2002.

Projetos de Ensino:

- PSSC
- HARVARD
- PILOTO
- FAI
- PEF
- PBEF

Livros do Ensino Médio

Periódicos indicados.

Artigos indicados.

Prof^a. Frederico Firmo de Souza Cruz

Agosto, 2011.

ANEXO B

Figura 21 - Boneco Primário de Fukushima.

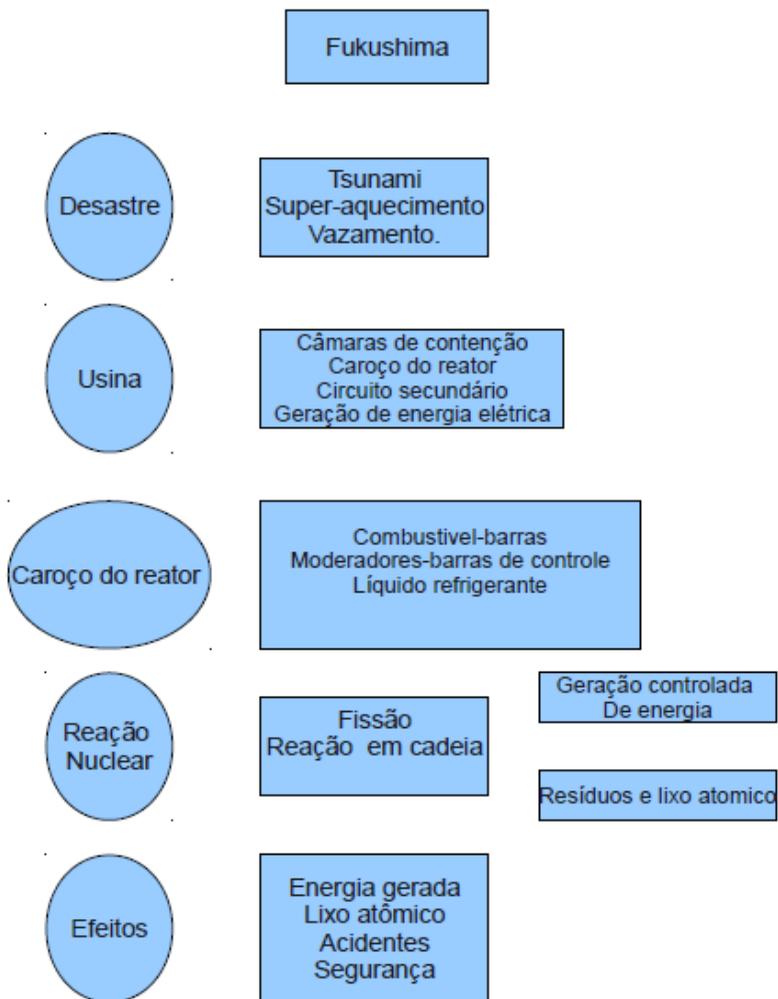


Figura 22 – Boneco Primário de Raios Cósmiticos.

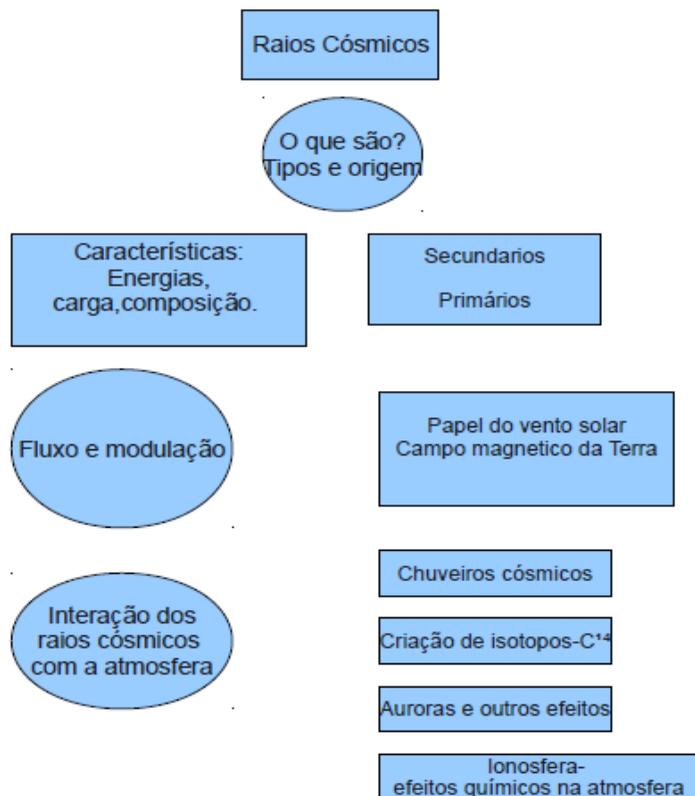


Figura 23 - Boneco Primário de Radiação Solar

