

O USO DIDÁTICO DA FENOMENOLOGIA EM UMA DISCIPLINA DE INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

The Didactic Use of Phenomenology in an Instrumentation Discipline for the Teaching of Sciences

Raul Isaias Campos [icraul@hotmail.com]

Universidade Federal de Goiás – Regional Goiás

Praça Brasil Ramos Caiado, n. 15 – Centro – Cidade de Goiás – GO

Frederico Firmo de Souza Cruz [fredfirmo@gmail.com]

Universidade Federal da Santa Catarina – Centro de Ciências Físicas e Matemática

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima – Trindade – Florianópolis –

Paulo José Sena dos Santos [drpsena@yahoo.com.br]

Universidade Federal da Santa Catarina – Centro de Ciências Físicas e Matemática

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima – Trindade – Florianópolis – SC

Recebido em: 25/08/2020

Aceito em: 08/03/2021

Resumo

As disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física (INSPE A, INSPE B e INSPE C) do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) tem como metas, num primeiro momento em INSPE A, propiciar uma discussão de forma analítico-crítica sobre os principais trabalhos destinados à melhoria do ensino de Física, para posteriormente em INSPE B e C, desenvolver um Projeto Temático (PT) que proporciona aos licenciandos a exploração e o estudo de fenômenos 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. Mostraremos que as dificuldades apresentadas pelos licenciandos se manifestam, primeiramente, devido ao fato de enfrentarem as mudanças nas tarefas, atividades e avaliações que a disciplina propõe e, segundo, devido ao que definimos como reversão ontológica, isto é, quando fenômenos e coisas do mundo são diretamente substituídos por modelos teóricos e/ou teorias, quebrando o diálogo com o mundo das coisas e com os próprios fenômenos em estudo.

Palavras-chave: Instrumentação para o Ensino de Física; Fenomenologia; Formação de Professores.

Abstract

The disciplines of Instrumentation for the Teaching of Physics (INSPE A, INSPE B and INSPE C) in the Licentiate Degree in Physics at the Federal University of Santa Catarina (UFSC) has as goals, in a first moment in INSPE A, to provide a discussion in an analytically-critical way about the main works destined to the improvement of the teaching of physics, and later in INSPE B and C, to develop a Thematic Project (TP) that provides to the graduates the exploration and the study of realistic phenomena. From this environment of teacher training, our research aims to investigate the process of building the TPs during the course of INSPE B by graduates in a sixth semester class in the Physics Teaching Degree Course at UFSC. For this, a documental analysis of the work developed by them during the course was made, emphasizing the process that involves phenomenology. We will show that the difficulties presented by the students are manifested, firstly, due to the fact that they face the changes in tasks, activities and evaluations that the discipline proposes and, second, due to what we define as ontological reversion, that is, when phenomena and things in the world are directly

substituted by theoretical models and/or theories, breaking the dialogue with the world of things and with the phenomena themselves under study.

Keywords: Instrumentation for Physics Teaching; Phenomenology; Teacher Education.

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 da utilização de modelos e de teorias conhecidas, desenvolve-se a compreensão científica do objeto, o que pode, inclusive, levar à criação de novas teorias.

Ao confrontar problemas realísticos, uma análise detalhada do fenômeno é um momento de problematização, em que aspectos considerados mais importantes são colocados em relevo, definindo recortes e determinando as perguntas que são tidas como relevantes. Este é um momento no qual a descrição fenomenológica traz à tona as interrogações e os questionamentos que vão guiar a exploração do fenômeno em busca de uma interpretação e compreensão teórica destes.

No ensino de Física, o tratamento de problemas realísticos é raro. Os alunos até são, em geral, apresentados às teorias e modelos da Física, que são frutos de uma longa construção e que, sem dúvidas, passaram por análises fenomenológicas (REZENDE JUNIOR, 2006). O problema é que, no ensino, essas entidades servem apenas para a resolução de exercícios ou de problemas que exploram a imediata aplicação das teorias e modelos. Dessa forma, os fenômenos, que por ventura aparecem, são utilizados apenas com a intenção de exemplificar ou de ilustrar uma teoria ou um modelo (DAHLIN et al., 2009).

As teorias da Física e seus modelos se referem a classes de objetos e não a objetos singulares, o que é relevante no ensino, pois existe uma distância considerável entre um fenômeno singular e uma teoria ou modelo que o interpreta. Tal fato se reflete nas dificuldades significativas que estudantes têm para tratar os problemas do mundo, inclusive àqueles que dominam muito bem os conteúdos escolares da Física. 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. Assim, 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 criando uma ligação mais dinâmica com modelos e teorias. Um passo importante para alcançarmos esse objetivo é a incorporação da fenomenologia² nos cursos de formação inicial de professores, visando propiciar aos licenciandos situações diferenciadas de ensino no qual o enfrentamento de fenômenos se faz necessário. Nesse processo, espera-se que os estudantes incorporem, em seus esquemas, novas metodologias e novos instrumentos conceituais, proporcionando um maior contato com o contexto de construção do conhecimento em contraponto ao contexto da justificativa, na qual estão usualmente imersos.

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 A fenomenologia é aqui tratada como o estudo e a exploração de fenômenos naturais e tecnológicos. A partir de nosso referencial teórico, na próxima seção, iremos definir melhor este termo.

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.

A concepção por trás dessas disciplinas já foi objeto de estudo em outros trabalhos (CRUZ et al., 2005; CRUZ et al., 2005a; REZENDE JUNIOR, 2006), momento em que as situações didáticas escolares foram analisadas à luz da Teoria de Campos Conceituais (TCC) de Vergnaud³.

Nesses trabalhos, argumenta-se que as situações escolares usuais, por imporem um mesmo tipo de tarefas e por explorarem os conceitos apenas dentro de contextos teóricos, fragmentam o processo de conceitualização e trazem dificuldades para os alunos operacionalizarem os conceitos no tratamento de fenômenos e/ou situações desafiadoras. Segundo Vergnaud o domínio de um campo conceitual se dá através da exposição dos conhecimentos conceituais, teóricos, metodológicos, isto é, os invariantes {I}, que compõem o esquema de conhecimento utilizado no enfrentamento de novas situações {S}. A tripla {S;I;R} do processo dinâmico de conceitualização se compõe com a formalização e representação simbólica do conhecimento, o {R}.

As situações escolares usuais de ensino de Física usualmente concentram {I} e {R}, cristalizando {S}. Isso faz com que os alunos sempre trabalhem de forma restrita, não desafiando suficientemente os esquemas conceituais, ou utilizando os termos da TCC, os Invariantes e a representação simbólica {R}. Sem novas situações {S}, os significados se cristalizam e dificultam as operacionalizações dos conceitos, o que gera a imobilização da dinâmica de conceitos em ação. É essa cristalização das situações que leva à fragmentação da tripla de Vergnaud e tem implicações nas dificuldades dos alunos em operacionalizarem seus conhecimentos para além dos problemas escolares.

Essa análise nos levou em trabalhos anteriores (CRUZ et al., 2005; CRUZ et al., 2005a) a proposição de situações escolares diferenciadas, em que os desafios levariam a uma integração maior da tripla de Vergnaud e colocariam os licenciandos em situações que favoreceriam a dinâmica de conceitualização e aprendizagem.

Experiências nesse sentido foram feitas e investigadas (REZENDE JUNIOR, 2006; MACHADO, 2009; DEVEGILI, 2012), o que nos levou a propor uma nova metodologia para as disciplinas de INSPE do curso de Licenciatura em Física da UFSC. Diferentemente de outras universidades brasileiras que também possuem a disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física

³ O processo criado nas disciplinas de INSPE do curso de Licenciatura em Física da UFSC é uma adaptação para o ensino de Física da TCC de Gerard Vergnaud. De acordo com esta adaptação, um conceito físico deve ser construído por meio da tripla {S, I, R}, que significam: {S} - conjunto de situações (problemas, questões, fenômenos que necessitam 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 (esquema de articulação dos conceitos ou trama conceitual que 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 confrontado com {S}. Os Invariantes fazem parte do conhecimento prévio ou conhecimento estabelecido; {R} - formalização ou representação simbólica (Conjunto das formas). Na Física a linguagem matemática ou gráfica, faz parte constitutiva da organização conceitual, sendo difícil desvinculá-la da noção de Invariante. (AUTOR X et al., 2005). Vale ainda ressaltar que o que se tem no ensino de Física tradicional, do ensino médio ao superior, é uma concentração na dupla {I, R}, sendo que, na maioria das vezes, o {S} se limita apenas à aplicação de uma teoria estudada por meio de exercícios e problemas (CRUZ, 2005). Isso não quer dizer que a resolução destes não seja importante para a assimilação e sedimentação do conteúdo, mas, mais do que isso, é necessário criar outras estratégias que auxiliem na construção de conceitos por parte dos alunos. Os exercícios estão contidos em {S}, mas {S} não se resume somente à resolução destes. (CRUZ et al., 2005a).

em seu quadro curricular, na UFSC, ela tem objetivos e metodologias de ensino 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 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 auxiliando-os posteriormente nas disciplinas de INSPE B e C.

Em INSPE B, os licenciandos divididos em grupos exploram temas realísticos, 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 aos grupos a possibilidade de uma exploração significativa da Física e de sua relação com o social, o cultural e o econômico. Com esse intuito, o desenvolvimento do trabalho é dividido 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 das 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 levantadas pelos grupos com a intenção de que estas possam guiá-los no percurso para a compreensão dos temas. Neste trabalho inicial, não se deseja que haja uma explicação conclusiva sobre o assunto em estudo, mas sim um apontamento de aspectos importantes e principalmente, um levantamento de questões.

No desenvolvimento dessa etapa, algumas tarefas se destacam, como, por exemplo, a discussão de textos selecionados pelos licenciandos e pelo professor, a fim de levantar uma ideia preliminar sobre cada tema; a confecção por parte dos grupos de “diários de bordo”, que permitem o acompanhamento e conseqüentemente uma orientação mais pontual do professor durante o processo de desenvolvimento dos trabalhos realizados pelos licenciandos; a construção de “bonecos primários”, que fornecem a trama que estabelece um percurso para a compreensão global do tema, a partir do qual pode-se encontrar os links dos vários aspectos que formam a “árvore” central da temática. Vale também destacar, que nesse momento, é dito de forma expressa pelo professor que a avaliação do progresso do trabalho vai se basear na avaliação das perguntas, que deverão ficar mais precisas e objetivas ao longo do desenvolvimento da disciplina.

Como se pode notar, o processo de construção da descrição fenomenológica coloca o licenciando diante de uma situação didática diferente das situações escolares/acadêmicas usuais e o desafia a mobilizar seus conhecimentos e esquemas conceituais em busca de uma compreensão do fenômeno. Neste percurso, espera-se que o licenciando possa significar e resignificar conceitos e conhecimentos prévios, o que deve também trazer à tona a necessidade de novos conhecimentos.

A consequência desse trabalho inicial é o estabelecimento de um foco, que nos leva a segunda etapa da disciplina, 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. Assim, tem-se uma etapa em que os

licenciandos definem o que vai ser aprofundado e os aspectos que terão no projeto um tratamento mais informativo. A expectativa é que, ao trabalharem as questões fenomenológicas e o recorte escolhido, eles possam transformar o tema num objeto modelo tratável pela Física e que consigam gerar uma representação conceitual {R} dos processos físicos relevantes da temática, o que se realiza na terceira etapa, de modelização.

Nessa última etapa, após uma clarificação do foco e um enfrentamento de questões mais específicas, os grupos buscam um aprofundamento do estudo, procurando explicações mais consistentes para um ou mais processos relevantes do 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 assim, nessa terceira etapa, construir um modelo representativo e explicativo, podendo ser até qualitativo e conceitual, desde que possua informações importantes e precisas sobre o foco escolhido.

Ao final da disciplina de INSPE B, os grupos apresentam seminários, nos quais eles compartilham com os demais colegas o resultado das atividades desenvolvidas durante o semestre. Além disso, os seminários servem também para o professor realizar mais uma avaliação, bem como dar novas orientações antes que os licenciandos entreguem o Projeto Temático (PT). Este é um trabalho escrito que contém a exposição do tema que foi estudado durante o semestre em um nível de complexidade compatível com o ensino superior.

Já a disciplina de INSPE C é essencialmente uma fase de transposição didática desse PT 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 a um possível 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 e Filosofia da Ciência, etc..

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 também o objetivo de 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 que, com isso, eles tenham uma base conceitual estabelecida para enfrentar atividades como o desenvolvimento e aplicação do PT. (REZENDE JUNIOR, 2006).

Como já dito, as disciplinas de INSPE podem ser caracterizadas como situações didáticas diferenciadas (CRUZ et al., 2005; CRUZ et al., 2005a; REZENDE JUNIOR, 2006). Sem dúvidas, os licenciandos são colocados diante de situações desafiadoras, em que conceitos e conhecimentos prévios são questionados, ou seja, são expostos a perguntas e a aplicações distintas das tarefas e atividades tradicionais de resolução de problemas e exercícios. A fim de romper com a concepção tradicional de ensino de Física, as disciplinas de INSPE são desenvolvidas. O confronto com uma nova situação leva a um questionamento dos significados de conceitos conhecidos e à sua ressignificação. Contudo, os desafios oriundos dessa construção geram dificuldades para os licenciandos, visto que não estão acostumados com as atividades propostas pelas disciplinas de INSPE. Dessa maneira, tem-se um ambiente extremamente rico para analisarmos a postura desses sujeitos ao enfrentarem uma situação didática diferenciada.

E é nesse contexto de formação inicial de professores 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. Com essa intenção, nosso trabalho irá se desdobrar a partir de duas questões direcionadoras: como os

licenciandos desenvolvem as atividades propostas ao longo das três etapas contempladas na disciplina de INSPE B? Quais as dificuldades que eles apresentam nesse processo?

Feita esta introdução, nosso trabalho será apresentado da seguinte maneira: na primeira seção, será ressaltado o papel da fenomenologia para o ensino de Física. Para isso, iremos definir a acepção de fenomenologia que é aqui tratada e, em seguida, com base em nosso referencial, mostraremos que o estudo de fenômenos não aparece de maneira relevante no ensino. Em seguida, na segunda seção, faremos uma descrição da disciplina de INSPE B do curso de licenciatura em Física da UFSC, ocorrida no segundo semestre do ano de 2011. Apresentaremos as atividades realizadas pelos licenciandos e as estratégias desenvolvidas pelo professor-pesquisador para a condução da disciplina. Posteriormente, na terceira seção, vamos apresentar e analisar os dados da pesquisa. Nesta parte do trabalho, analisaremos o processo de elaboração do PT realizado por um grupo que participou da disciplina de INSPE B, a partir de uma análise documental dos diários e do PT desenvolvido por este grupo. Ressaltaremos as dificuldades apresentadas pelos licenciandos e mostraremos que estas se devem a dois tipos de problemas: primeiramente, dificuldades ao enfrentarem as mudanças das tarefas e atividades diferenciadas necessárias para a construção do PT, bem como o estranhamento diante do processo de avaliação e, depois, um problema mais profundo que denominamos como reversão ontológica e que será melhor apresentada no decorrer do texto. Encerraremos o trabalho tecendo nossas considerações.

1. A FENOMENOLOGIA ADOTADA NA DISCIPLINA DE INSPE

Desde crianças vivenciamos vários fenômenos, tais como o fluxo da água de um rio, as diferentes estações, os corpos quentes e frios etc. O que usualmente chamamos de fenômenos são as manifestações das coisas do mundo através das quais exploramos e construímos compreensões sobre a realidade a nossa volta. Neste sentido, fenômeno pode ser entendido como aparência, isto é, as formas sensíveis das coisas do mundo que nos são apresentadas e pelo qual iniciamos o nosso processo do conhecimento da realidade.

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 através da fenomenologia. Portanto, a fenomenologia é o ponto de partida para a interpretação e compreensão do mundo, o que pode nos levar a construção de modelos e teorias ou mesmo explicações simples sobre a natureza.

Neste trabalho, utilizaremos o conceito de fenomenologia como exploração e estudo de um fenômeno. A fenomenologia aqui tratada é sobretudo um instrumento de diálogo com a realidade. Ela tem uma ligação forte com as coisas do mundo, que se dá através de um processo mental de interpretação dos dados percebidos por meio de nossos sentidos e/ou instrumentos. Dessa forma, para se fazer uma investigação fenomenológica na concepção aqui defendida é necessário fazer uma aproximação com a natureza, visando a uma exploração e uma apreensão dos processos e conceitos físicos inerentes aos fenômenos. Essa prática 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). Sem entrar em discussões mais 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. Em síntese, a fenomenologia, como aqui concebemos, seria o que nasce mais diretamente da investigação dos objetos do mundo.

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 longo caminho que nos leva do mundo real ao estabelecimento de modelos e teorias. Por outro lado, temos um ensino que usualmente ignora esse processo de

construção, tratando apenas do resultado final. Temos um ensino de Física que prioriza o ensino de teorias e modelos, explorando-os por meio de exercícios e problemas.

Segundo Dahlin et al. (2009), o que ocorre no ensino é uma reversão ontológica, implicando numa reversão pedagógica e tendo implicações na concepção epistemológica. Reversão ontológica, pois, de acordo com os autores, existe uma substituição da percepção de “mundo vivido” por uma percepção abstrata, que enxerga o mundo a partir de modelos, teorias, leis e fórmulas matemáticas, sem, portanto, explorar os processos que levam a elaboração e construção de um dado conhecimento. Isso pode passar para os alunos a noção de que o conhecimento se origina a partir da cognição puramente conceitual da natureza, criando uma visão epistemológica equivocada. O que chamamos aqui de reversão pedagógica é a cristalização da ideia de que o objeto a ensinar são as teorias e modelos explorados através de repetidos exercícios e problemas que muitas vezes sequer se referem a fenômenos.

Neste trabalho, enfatizaremos a investigação da reversão ontológica, que é compreendida aqui como um fenômeno didático que se manifesta nas ações dos alunos em sala de aula. As práticas e situações didáticas propiciadas pela disciplina de INSPE B se mostram um laboratório muito rico para análise destas manifestações.

Nossa hipótese é que a reversão ontológica é um processo gerado pela tradição didática do ensino de Física, que como já dissemos focaliza o ensino das grandes teorias universais da Física. As teorias, por sua vez, dizem respeito ao comportamento de objetos físicos em geral, não dizem respeito a fatos singulares, ou fenômenos singulares, pois, por sua própria natureza, elas são a base para o tratamento de toda uma classe de fenômenos.

A priorização de teorias e modelos leva ao que Dahlin 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. Mais do que perceber o mundo por meio das teorias, o aluno frequentemente internaliza que compreender o mundo é compreender uma teoria.

Na disciplina de INSPE B, o licenciando é desafiado a construir a compreensão sobre um tema realista e abrangente que exige o ato de se debruçar sobre os fenômenos envolvidos no tema. Isto se passa através das três etapas desenvolvidas na disciplina que serão debatidas mais à frente. Frisamos que o ponto de partida não são teorias ou modelos científicos, mas sim fenômenos que necessitam de uma explicação. Como já dito, nesta proposta didática diferenciada, os licenciandos devem mobilizar conhecimentos anteriores e/ou buscar novos conhecimentos que, por ventura, necessitem para gerar uma explicação sobre determinado fenômeno. Esta atividade exige habilidades distintas das usualmente utilizadas nas tarefas de resolução de exercícios, o que provoca certas dificuldades para os licenciandos. Neste trabalho, investigamos sobretudo estas dificuldades, focalizando sobretudo nas manifestações de reversão ontológica, durante o processo de construção dos Projetos Temáticos.

2. O DESENVOLVIMENTO DA DISCIPLINA DE INSPE B

A disciplina de INSPE B, no formato aqui apresentado, foi ministrada em pelo menos três outras ocasiões, inclusive na modalidade de Ensino a Distância. Para este trabalho, nosso ambiente de pesquisa foi a disciplina presencial desenvolvida no segundo semestre de 2011, que contou com a participação de 15 licenciandos, um professor-pesquisador e um pesquisador.

No primeiro encontro dessa disciplina, os licenciandos receberam o plano de aula e o cronograma 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 pelo professor-pesquisador, foram destinados aos grupos por meio

de sorteio. 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 “diários de bordo”. Estes deveriam conter os pontos investigados, questões direcionadoras e a bibliografia.

Nos três encontros seguintes, o professor-pesquisador iniciou os trabalhos exemplificando os aspectos relacionados ao estudo e à exploração de fenômenos realistas. Para isso, fez-se a análise de dois temas: Volta da França de Ciclismo e Tecnologia do Forno de Micro-ondas.

O tema Volta da França de Ciclismo foi apresentado aos licenciandos com o intuito de exemplificar as várias etapas do processo (descrição fenomenológica, escolha do recorte e modelização). 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 em cada trecho da trajetória. Além disso, também foi feita uma descrição sobre os tipos de bicicletas, destacando o peso, as rodas e os pneus. Todos esses aspectos envolveram o levantamento de questões direcionadoras que permitiram definir os parâmetros e as grandezas mais relevantes para a investigação do tema, tais como: “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?”.

A partir dessas perguntas, a discussão do professor-pesquisador teve como foco a demonstração, para os licenciandos, de como a descrição fenomenológica é problematizadora e de como as questões encaminham para o desenvolvimento do projeto. Nessa perspectiva, a descrição, a problematização e o levantamento dos aspectos mais relevantes da Volta da França de Ciclismo possibilitaram uma modelização, que tratou o fenômeno como o movimento de um corpo sujeito a forças de atrito e aerodinâmicas em uma sucessão de planos inclinados distintos, a depender do relevo de cada trecho. O processo de se chegar a esse modelo foi debatido com os licenciandos, bem como as justificativas para as aproximações presentes nele. A escolha desse tema permitiu que o tempo calculado nos trechos e na totalidade da Volta da França fossem comparados com os tempos oficiais de competições já realizadas. Assim, foi possível uma discussão sobre as limitações do modelo, observando que os resultados totais tiveram alta concordância com os números oficiais, mas que em alguns trechos existiram discrepâncias significativas, o que possibilitou uma discussão sobre as limitações e validade do modelo construído.

Tratou-se, portanto, de um modelo completo, que foi desde testes de limitações até uma formalização matemática. Mais do que explicativo, esse modelo permitiu trabalhar e manipular dados. Sendo assim, pôde-se explorá-lo 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.

Já o segundo tema, Tecnologia do Forno de Micro-Ondas, era mais complexo e por isso o foco principal foi a primeira etapa de descrição fenomenológica. 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, desde 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, tal tema possui uma sequência maior de processos físicos, de aspectos conceituais diversos e de 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-pesquisador 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, ela os aquece? ”. Para compreender a geração, foi necessário estudar o funcionamento do magnetron. Nesse sentido, o professor-pesquisador iniciou 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 é possível gerá-la através de um circuito em que existe a troca de energia entre campos elétricos e magnéticos.

A partir dessa descrição fenomenológica, o professor-pesquisador construiu 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? ”. E, ao se debruçar sobre essas perguntas, ele chegou à conclusão de que se pode modelar o magnetron como sendo um circuito RLC. Esse aspecto é relevante, pois trata-se de um conhecimento prévio dos licenciandos, obtido conceitualmente em disciplinas anteriores, mas que agora pode ser aplicado a um fenômeno realista. Nesse momento, o professor-pesquisador enfatizou que o estudo e a exploração do magnetron já seria por si um foco relevante para um PT e que isso dependeria do interesse e dos critérios de escolha do recorte.

Na sequência da apresentação, o professor-pesquisador destacou 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. Essa poderia ser uma outra descrição fenomenológica e que o aprofundamento poderia gerar questões que direcionassem para um outro projeto. Por fim, ele apontou que, se a escolha fosse tratar a interação da radiação com os alimentos, uma série de questões surgiriam naturalmente, desde perguntas sobre frequência, intensidade, interação da radiação com a matéria, a contenção da radiação no interior do micro-ondas etc. Todas essas questões foram elencadas com o objetivo de mostrar aos licenciandos o caráter problematizador contido no tema.

A partir dessa descrição global e de sua problematização, o professor-pesquisador ressaltou a quantidade de aspectos associados ao forno de micro-ondas. Com isso, ele apresentou as várias possibilidades de recortes, como a Física da geração, da transmissão e da interação da radiação com os alimentos.

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. Esse segundo exemplar também mostrou que um tema pode ser separado em vários focos de investigação, dependendo da relevância dos processos para quem os estuda. Nisso, torna-se 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 julgam importantes para a construção futura de um minicurso. Esses aspectos foram colocados em relevo durante a apresentação.

Após a apresentação do estudo desses dois temas, no encontro seguinte, os licenciandos iniciaram o processo de construção de seus Projetos Temáticos. Como dito anteriormente, na primeira etapa de descrição fenomenológica, a intenção era que os grupos construíssem uma descrição qualitativa e global sobre os fenômenos. Esse momento seria também o primeiro para que eles apresentassem suas questões direcionadoras, as quais seriam respondidas e aprofundadas no decorrer do desenvolvimento do trabalho, buscando alcançar uma maior e melhor compreensão dos conceitos e processos físicos envolvidos em cada tema. Além disso, foi ainda enfatizado pelo professor-pesquisador que a construção de perguntas por parte dos grupos seria tratada como atividade a ser avaliada.

Durante as primeiras atividades desenvolvidas pelos grupos, e com base no primeiro diário apresentado pelos licenciandos, observou-se uma grande dificuldade em fazer a descrição fenomenológica do tema em estudo. A fim de orientá-los, o professor-pesquisador elaborou, para cada grupo, o chamado “Boneco Primário⁴” (Figura 1). Esse instrumento foi apresentado em um momento em que os licenciandos já deveriam ter feito suas descrições fenomenológicas. Sendo assim, o objetivo do “Boneco” foi de apontar lacunas na descrição feita pelos licenciandos, mostrar diversos conceitos e processos físicos envolvidos deveriam ser reconhecidos e de uma forma mesmo primária sistematizados.

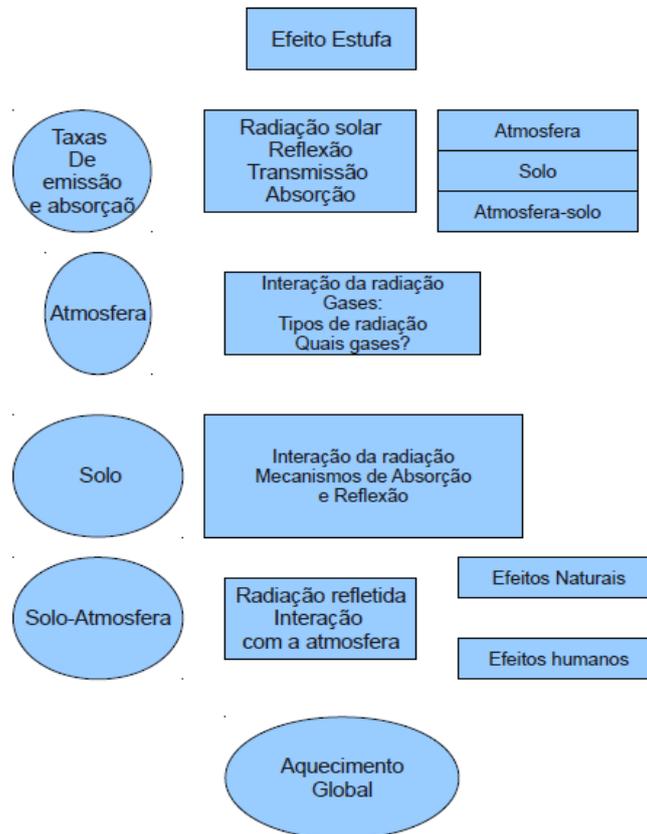


Figura 1 – “Boneco Primário” de Efeito Estufa.

Como é possível observar acima, no “Boneco Primário⁵” encontramos conceitos e processos físicos que ilustram aos licenciandos a construção de uma trama, estabelecendo um percurso para compreensão global ou mesmo a escolha de um recorte 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. Dessa forma, esse instrumento servia como

⁴ Apresentamos no corpo deste trabalho somente o “Bonecos Primário” destinado ao grupo de Efeito Estufa, pois foi o trabalho desenvolvido por esse grupo que utilizamos em nossa análise.

⁵ As formas (círculos, retângulos e quadrados) do “Boneco Primário” são meramente ilustrativas, a ideia foi apresentar aos alunos, a partir do que eles haviam escrito no primeiro diário, toda complexidade do fenômeno do Efeito Estufa em uma espécie de um organograma, que deve ser interpretado de cima para baixo e da esquerda para a direita, isto é, como um caminho a ser seguido para a exploração da temática. Sendo assim, o primeiro balão da segunda linha traz as taxas de emissão e absorção, que recai diretamente no quadrado à direita e que evidencia os aspectos mais relevantes, tais como a radiação solar e os fenômenos de reflexão, transmissão e absorção que ocorrem na atmosfera, no solo e na interação solo-atmosfera. Isto permite focalizar a atenção nas diferentes características da radiação e no conjunto particular de gases da atmosfera, provocando o surgimento de questões que precisam ser respondida para a compreensão do tema. Na sequência, a mesma ideia de percurso é utilizada para o solo, solo-atmosfera, bem como a associação dos efeitos naturais e antropogênicos para a discussão do aquecimento global.

uma expectativa do que se esperaria de uma descrição fenomenológica por parte dos grupos, não se restringindo ao esquema, mas sim em como os licenciandos poderiam percorrer e fazer os vínculos entre os conceitos e processos físicos presentes na temática.

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. De certa forma, a escolha do recorte já é o início de um processo de modelização, onde há escolhas do que os grupos consideram mais relevantes. Com novas investigações, buscaram elencar parâmetros para determinados aspectos do tema e passaram a determinar os focos que receberiam um maior aprofundamento.

Realizadas as duas primeiras etapas, os grupos apresentaram seminários, com o objetivo de compartilhar com os demais colegas o trabalho já realizado. Nas apresentações, eles destacaram as etapas de descrição fenomenológica e de escolha do recorte. Tais apresentações caracterizaram-se como uma importante atividade, pois o professor-pesquisador pôde fazer sugestões e avaliações do desenvolvimento dos projetos de cada grupo.

Na sequência da disciplina, os licenciandos, a partir da escolha do recorte, passaram a desenvolver a terceira etapa do trabalho que envolve o processo de modelização. Os grupos, a partir dos pontos que consideravam relevantes na etapa anterior, buscaram aprofundar os seus estudos sobre os aspectos destacados. Nessa etapa, eles poderiam construir um modelo sobre determinado aspecto do tema e/ou utilizar modelos e/ou teorias científicas. O intuito é que esses modelos pudessem auxiliar na compreensão do foco escolhido pelos grupos.

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. Esses seminários também serviram para que o professor-pesquisador fizesse mais uma avaliação, bem como dar novas orientações antes que os licenciandos entregassem o Projeto Temático (PT) de INSPE B, isto é, trabalho escrito que contém a exposição do tema que foi estudado durante o semestre em um nível de complexidade compatível com o Ensino Superior.

E é com esse material, juntamente com os “diários de bordo”, que o trabalho realizado pelos licenciandos será analisado. Enquadramos nossa pesquisa como sendo qualitativa (LÜDKE; ANDRÉ, 1986; TRIVIÑOS, 2008), pois estamos interessados em analisar o processo desenvolvido na disciplina de INSPE B. Com essa perspectiva, nosso foco de trabalho é buscar entender melhor o processo de elaboração do PT e identificar as dificuldades dos grupos no desenvolvimento de seus trabalhos. Com esse intuito, na próxima seção, faremos uma análise documental (BRAVO, 1991) do Projeto Temático e “diários de bordo” desenvolvidos pelo grupo de Efeito Estufa, pois entendemos que o trabalho realizado por esse grupo evidencia todas as etapas da disciplina, além de revelar as dificuldades apresentadas pelos licenciandos ao se depararem com uma situação didática diferenciada.

3. ANÁLISE DOS DADOS: AS ETAPAS DESENVOLVIDAS PELO GRUPO DE EFEITO ESTUFA

3.1 Descrição fenomenológica

Nesta primeira etapa, solicitou-se aos licenciandos que se inteirassem do tema e que fizessem uma descrição global do fenômeno, estabelecendo relações e sobretudo identificando questões que seriam na sequência investigadas e aprofundadas. A pretensão com a descrição fenomenológica era que os licenciandos mobilizassem os seus conhecimentos físicos, problematizando o tema, sem a necessidade de explicações estruturadas ou formais.

No primeiro diário apresentado pelo grupo cujo tema era Efeito Estufa, o grupo destacou um quadro fragmentário, na forma de uma listagem não ordenada dos conceitos e processos envolvidos. 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. [...]
4. Ao absorver a energia, a superfície da Terra é aquecida e emite radiação predominantemente em comprimentos de onda entre 4 a 100 μm (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. [...]
18. Características internas importantes das moléculas de gases: distâncias e massas relativas entre os átomos e constantes de força entre as ligações. (Diário de Bordo 1 - Efeito Estufa).

Neste diário, nota-se que os licenciandos não apresentaram uma descrição fenomenológica do Efeito Estufa. Esperava-se, nesta fase, uma descrição inicial que relacionasse o Efeito Estufa ao balanço entre a absorção da energia solar e emissão de energia da Terra. Para isso, era necessário que o grupo elencasse os principais elementos presentes no fenômeno, que são a radiação solar, a atmosfera e a Terra. A exigência inicial era uma descrição global do Efeito Estufa frisando quais os aspectos mais relevantes para compreensão do fenômeno. Esperava-se que problematizassem o tema e que levantassem questões a serem desenvolvidas, sendo que essas perguntas deveriam guiar os próximos passos do projeto.

Contudo, como se pode observar no trecho acima, houve apenas uma listagem de aspectos que refletem um quadro fragmentário sobre o fenômeno, mas sem uma contextualização ou integração dessas informações com a temática. Somente nos itens 6 e 7, que o grupo se referiu a quantidade de energia da radiação solar absorvida/refletida e embora citadas a atmosfera, o Sol e a Terra, os licenciandos não estabeleceram de forma explícita a relação entre esses elementos, nem deixaram claro o papel destes para a compreensão do Efeito Estufa. Não há uma descrição da radiação, da atmosfera e de suas camadas e tampouco do papel da própria Terra. A citação de gases, de moléculas e do espectro rotacional e vibracional estão em um nível explicativo e específico do fenômeno.

Vale ressaltar que, neste momento do trabalho, o professor-pesquisador não exigia dos licenciandos uma explicação final sobre o Efeito Estufa, mas sim uma descrição global do tema em estudo e o levantamento de questões a serem desenvolvidas ao longo do projeto. Assim, com a intenção de cumprir com esse objetivo, no primeiro diário, em outro trecho, o grupo levantou algumas perguntas preliminares. Foram elas:

- 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? [...]
- 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? [...]

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? (Diário de Bordo 1 - Efeito Estufa).

Com exceção da primeira questão, que pode estar associada a fenomenologia do Efeito Estufa, as demais nos parecem mais associações superficiais do tema baseadas em informações e conhecimentos prévios. Embora a primeira questão demonstre uma falta de compreensão do efeito global, trata-se de uma pergunta em que se observa uma certa reflexão e questionamento tentando buscar uma relação entre regiões de maior incidência de radiação e a temperatura global da Terra. Dessa forma, essa pergunta é interessante, pois questiona de forma implícita o conceito de temperatura para um sistema heterogêneo como a Terra. Entretanto, o grupo não seguiu com esse questionamento nos diários posteriores.

Manifestando de forma mais explícita a reversão ontológica, nas outras questões, os licenciandos demonstraram que o ponto de partida que iriam tomar era a teoria sobre interação da radiação com a matéria. Esquecendo a temática, eles introduziram o problema buraco na camada de ozônio. Essa associação entre ozônio, buraco na camada e Efeito Estufa é bastante comum, porém são problemas distintos. A fixação com a questão da interação da radiação com a matéria deve ter levado os licenciandos a introduzirem o problema 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 ocorrem também na atmosfera, todavia a definição da temperatura do planeta está ligada à interação entre superfície e atmosfera, que ocorre basicamente na faixa do infravermelho, enquanto o ozônio interage na região do ultravioleta.

Por fim, após a entrega desse diário, o professor-pesquisador orientou o grupo com intuito de auxiliar o entendimento dos licenciandos sobre essa primeira etapa e disse que eles poderiam se concentrar inicialmente na totalidade 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.

Já no segundo diário apresentado pelo grupo, esse trabalho de orientação realizado pelo professor-pesquisador 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).

No primeiro parágrafo, existe uma descrição fenomenológica superficial do Efeito Estufa, que tem como ponto de partida a escolha teórica que tomaram anteriormente, isto é, continuam focando na interação da radiação solar com as moléculas. Como se pode observar, neste trecho do diário ainda

não se encontra o aspecto básico para a compreensão do Efeito Estufa, que é o balanço entre a energia emitida e absorvida, o que fica claro na frase “a energia que entrou é maior do que saiu”. A maneira como os licenciandos se manifestaram sobre a questão da interação da radiação com a matéria, para eles central, mostra que os conhecimentos prévios estão sendo desafiados, ou seja, a partir de atividades diferentes do que eles estão acostumados, desenvolvidas em novas situações {S}, eles buscaram uma significação ou resignificação dos conceitos no recorte focalizado por eles.

Entretanto, é importante ressaltar que este segundo diário apresenta uma certa evolução na descrição fenomenológica, pois os licenciandos começaram a elencar os processos e conceitos físicos presentes no Efeito Estufa. Partindo da radiação solar, da absorção e da emissão nas moléculas de gases da atmosfera, eles traçaram um esboço de explicação para o que denominaram o aquecimento gradual do planeta. Sem uma discussão sobre equilíbrio térmico, o discurso fica um tanto confuso, visto que, de um lado falam no aquecimento gradual e do outro mencionam que o Efeito Estufa é um fenômeno natural responsável pela temperatura de equilíbrio da superfície da Terra. Apontam ainda prováveis efeitos antropogênicos no aumento da concentração de CO₂ e associam isso com a modificação da intensidade do fenômeno. Em resumo, apesar do ponto partida ter sido a interação da radiação com a matéria, ou seja, uma teoria como origem para se desenvolver uma descrição, o que caracteriza a reversão ontológica, pode-se observar que neste segundo o diário o grupo mostrou um avanço na discussão de conceitos e processos físicos envolvidos.

Na sequência do trabalho, o grupo fez um questionamento que buscou 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. [...]

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).

O texto mostra equívocos conceituais, uma vez que na pergunta não ficou claro se estavam falando sobre a radiação eletromagnética ou sobre a transferência de calor. Apesar de encaminharem as questões para a radiação do corpo negro, a nota é contraditória. Inicialmente falaram que todos os corpos irradiam não importando a temperatura, para depois afirmarem que um corpo em altas temperaturas tem luminosidade própria e que um corpo pode ser visualizado apenas pela luz refletida.

Apesar desses equívocos, essas questões se aproximam do tema Efeito estufa. A introdução da radiação do corpo negro é um passo importante nessa aproximação, mas, de novo, o ponto de partida foram os aspectos ligados à teoria, pois no texto não vincularam a radiação do corpo negro com os processos do efeito estufa. Os equívocos conceituais mostram que, apesar de a radiação de corpo negro ser um tema já estudado, existiam muitas dúvidas. A afirmação sobre o corpo "frio" demonstra, por exemplo, que nesta fase do projeto, os licenciandos ainda não haviam compreendido a importância da temperatura da Terra e sua relação com a emissão na faixa do infravermelho. O desenrolar do projeto exigiu que eles revisassem e resignificassem estes conceitos.

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

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).

Diferentemente do primeiro diário, os licenciandos mostraram, 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 nas 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.

Em seguida, o grupo, percebendo a importância do infravermelho para o Efeito Estufa e da composição de diferentes gases da atmosfera, fez uma descrição destes, apontando algumas causas antropogênicas para o efeito. 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 (Diário de Bordo 2 – Efeito Estufa).

Os licenciandos apresentaram uma definição do que é infravermelho, mas sem vincular com a temperatura nem a radiação do corpo negro. Posteriormente, eles introduziram pela primeira vez um descrição da atmosfera terrestre, caracterizando-a pela sua composição e enfatizando o percentual dos gases do Efeito Estufa. Além disso, os licenciandos mencionaram a contribuição da atividade industrial e agrícola como responsável pelo aumento dos gases. Esta foi a primeira descrição mais global realizada pelo grupo.

Vale destacar que os licenciandos não associaram o infravermelho como sendo a radiação prevalente de um corpo negro com a temperatura da Terra. O professor-pesquisador então promoveu um debate sobre essa vinculação, ressaltando que houve uma evolução no trabalho, pois eles apresentaram uma pergunta sobre infravermelho com sua descrição e uma breve explicação da composição da atmosfera, porém sem fazer a devida relação. O que se nota é uma tentativa de descrição da radiação, mas no formato de uma definição teórica. Com isso, pode-se conjecturar que

os licenciandos entendiam que uma definição seria suficiente para explicar tudo, nada diferente do que estavam acostumados a receber durante a vida escolar e acadêmica.

Já no trabalho final apresentado pelo grupo, temos o resultado de uma descrição fenomenológica sobre o tema desenvolvida pelos licenciandos. Na introdução do trabalho, eles apresentaram:

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, pode-se observar que os licenciandos mergulharam nos processos de produção de energia no Sol, ensaiaram uma descrição dos processos solares que geram a radiação eletromagnética e, apesar de algumas impropriedades, destacaram a radiação que chega à Terra e os componentes desta radiação. Mencionaram, ainda, as "moléculas" na superfície do Sol e associaram os fótons de radiação visível e invisível à estas moléculas. Discorreram também sobre os gases na superfície do Sol responsáveis pela emissão do infravermelho. Estas afirmações foram posteriormente trabalhadas com o professor-pesquisador, porém eles não fizeram nenhuma vinculação com a já explorada radiação do corpo negro e a temperatura, bem como, mais uma vez, evocam como foco principal a interação da radiação com a matéria.

Na sequência do trabalho, o grupo apresentou algumas taxas de absorção e reflexão da radiação pela atmosfera e pela superfície terrestre.

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.

[...], 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).

Inicialmente, os licenciandos relataram o albedo terrestre, que é uma medida da quantidade de radiação refletida pela Terra e, em seguida, apontaram que uma modificação dessa medida pode aumentar ou diminuir a temperatura do planeta. Por último, eles falaram da parcela absorvida. São dados importantes para o tratamento do Efeito Estufa, pois nos fornecem uma visão global do fenômeno e provoca certas inquietações sobre a razão desses valores.

Na sequência do material, o grupo apontou 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 foi possível perceber, o grupo mostrou uma evolução nesta primeira etapa. As dificuldades na integração dos conhecimentos e a sua utilização na interpretação de um fenômeno é ao nosso ver natural, visto que o projeto temático caracteriza uma situação didática diferenciada, que mobiliza os conceitos e conhecimentos de forma diferente da tradicional resolução de problemas e exercícios. Nota-se que, no decorrer do trabalho, os licenciandos reatualizaram conceitos conhecidos e muitas vezes os ressignificaram para compreender processos físicos presentes, mas nota-se que, de forma geral, eles sempre partiram da teoria para posteriormente integrá-la ao fenômeno, o que é uma manifestação forte da reversão ontológica.

3.2 Escolha do recorte realizada pelo grupo

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.

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).

Nesta segunda etapa, de escolha do recorte, o que define a importância de cada aspecto é o foco escolhido e como se pode observar, no caso desse grupo, os licenciandos demonstraram que o foco deles para a disciplina de INSPE B seria estudar a interação da radiação com a atmosfera como um instrumento de compreensão do Efeito Estufa. Vale lembrar que, em momentos anteriores, os licenciandos focaram na interação da radiação com a matéria, em busca da compreensão apenas do conteúdo específico dessa teoria, esquecendo-se assim do Efeito Estufa. De certa forma, o desejo deles era maior em entender o conteúdo associado à teoria do que propriamente compreender o fenômeno, uma clara manifestação da reversão ontológica.

O que se observa agora, neste trecho do segundo “diário de bordo” apresentado pelo grupo, é uma tentativa de construção de um modelo, em que os licenciandos buscaram relacionar o Efeito Estufa como a dinâmica do clima da Terra e localizaram na interação da radiação com os gases o caminho para entendimento do tema. Pode-se observar então que estão relacionando os processos e utilizando agora a teoria da interação da radiação com a matéria, não mais como conteúdo meramente específico, mas sim utilizando-a como instrumento conceitual que relacionado ao fenômeno permite sua compreensão.

3.3 Modelização realizada pelos grupos

Como já foi dito, os licenciandos estabeleceram que a compreensão da interação da radiação com a atmosfera era o ponto chave para o entendimento 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 por entenderem que ela auxiliaria na compreensão dos processos de trocas de energia relevantes no fenômeno. Contudo, como se pode ver no trecho abaixo, apesar dos avanços em direção a uma compreensão do Efeito Estufa, mais uma vez os licenciandos manifestaram a ideia de que um real entendimento sobre o fenômeno viria da compreensão dos espectros rotacionais e vibracionais de moléculas dos gases. Eles argumentaram que

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.

[...] 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).

Sem dúvidas, 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. Para demonstrar aos licenciandos como se poderia partir de uma análise fenomenológica e construir uma certa compreensão sobre a interação da radiação com a matéria, o professor-pesquisador introduziu a lei semi-empírica de Beer-Bouguer-Lambert, que permite compreender a absorção da luz e/ou sua reflexão nas camadas da atmosfera, a partir de conceitos clássicos como índice de refração e índice absorção.

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), uma lei empírica e fenomenológica que trata basicamente da passagem da radiação por um meio. A aplicação dessa lei permite reconhecer as dependências com parâmetros físicos importantes, tais como a intensidade e a frequência da radiação, bem como a espessura da camada do meio. Dessa forma, com o auxílio dessa lei, seria possível construir um modelo para as diferentes camadas da atmosfera.

A apresentação da lei de Beer-Bouguer-Lambert pelo professor-pesquisador teve o intuito de mostrar para os licenciandos que era possível a partir de uma perspectiva fenomenológica alcançar um entendimento sobre o Efeito Estufa, sem a necessidade de introduzir conceitos 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).

Neste trecho, 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, contudo podemos também notar que a tentativa da incorporação dessa lei ao trabalho foi de certa forma incompleta. O grupo a mencionou sem explicar e sem discutir as suas implicações para uma melhor compreensão do fenômeno, isto é, 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.

Como se pode perceber nos apontamentos dos licenciandos, eles demonstraram que, em suas concepções, a lei era mais uma metodologia teórica e listaram alguns condicionantes para a aplicação dessa lei sem se aperceberem que as condições de aplicabilidade estariam relacionadas com aproximações que deveriam ser justificadas por um modelo das camadas da atmosfera. Da forma que apresentaram parece que as condições são estritas e possuem natureza puramente teórica.

Contudo essa dificuldade em utilizar e/ou construir modelos para fenômenos complexos já era esperada. Acostumados a ver a Física apenas por meio de ferramentas matemáticas estabelecidas pela ciência, os licenciandos tinham uma ideia de que para ser um modelo científico era preciso que o mesmo permitisse previsões, simulações e testes mais estruturados. Assim, diante de outro tipo de modelo, um mais explicativo, é normal o surgimento de dificuldades.

Em síntese, acreditamos que essas dificuldades surgem devido à mudança da dinâmica da disciplina de INSPE B, que é diferente das usuais. A didática tradicional em Física tem sua ênfase na aprendizagem de teorias e de modelos estabelecidos, mas esquecendo que essas entidades, por sua própria natureza, são constituídas de conceitos e de esquemas formais aplicáveis a classes inteiras de objetos, e que, portanto, não se referem a objetos ou fenômenos singulares. Os exercícios tradicionais são destinados a explorar teorias e modelos em uma única situação didática {S} ou, na melhor das hipóteses, quando se referem a um dado fenômeno, estes aparecem como meros exemplares de aplicação. Dessa forma, é esperado que os licenciandos, quando se deparam com uma situação didática diferenciada, apresentem dificuldades.

O que queremos dizer com isso é que, ao acompanhar o desenvolvimento da disciplina e analisar os “diários de bordo” e Projetos Temáticos elaborados pelo grupo de Efeito Estufa, pudemos notar que os licenciandos, diante de uma situação didática diferenciada, apresentaram dificuldades em entender os diferentes tipos de modelos e seus papéis⁶; dificuldades em reconhecer, nos dados e nas informações sobre os temas, os conceitos e processos físicos fundamentais; dificuldades na descrição integrada aos aspectos essenciais para a compreensão dos fenômenos, ainda que de forma qualitativa; dificuldades em formular questões, ou seja, dificuldades em problematizar; dificuldades em explorar e extrair de gráficos e de 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; dificuldades em compreender conceitos, modelos e teorias como um instrumento de investigação e de construção de uma compreensão sobre fenômenos e não como explicações em si mesmos.

Além disso, o trabalho aqui apresentado destaca também que, para além das dificuldades citadas acima, originadas pelas mudanças de tarefas e de atividades que a disciplina provoca, pudemos também notar outro tipo de dificuldade, que está relacionada a uma postura de reversão ontológica. Uma das características dos textos analisados, desenvolvidos pelo grupo de Efeito Estufa, é que uma vez identificada uma teoria relacionada ao fenômeno, eles abandonavam este e transformavam a compreensão da teoria em objeto de análise. Não raro, eles apresentavam a temática como exemplo de aplicação de teorias e modelos, ou seja, uma clara manifestação da reversão ontológica.

Esse tipo de dificuldade foi um ponto chave para nossa pesquisa, pois a partir da análise dos trabalhos entregues pelo grupo e de nosso referencial teórico foi possível refletirmos sobre como a tradição relacionada a uma instituição universitária influencia na formação do professor-pesquisador

⁶ Esta dificuldade pode também ser percebida em Machado (2009), quando a autora identifica as diferentes concepções que os licenciandos têm sobre modelos.

de Física. Embora tenhamos apresentado dados de apenas um grupo, de Efeito Estufa, é possível conjecturar que os resultados obtidos aqui mostrariam um comportamento similar em todos os outros grupos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fenomenologia deveria ser conteúdo 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 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.

Neste trabalho, apresentamos a disciplina de INSPE B como nosso objeto de estudo, em que os licenciandos apresentaram dificuldades diante dessa situação didática diferenciada. Vale destacar que essas dificuldades eram esperadas, visto que os licenciandos, que usualmente tratam fenômenos como simples aplicações de uma certa teoria ou modelo, no desenvolvimento do projeto temático, são confrontados e precisam mobilizar conhecimentos prévios, bem como buscar novos conhecimentos. Isto leva a um processo de ressignificação dos conceitos e dos processos físicos. Sem sermos repetitivos, ressaltamos que as dificuldades foram nesta pesquisa categorizadas como sendo manifestações de dois tipos: dificuldades no enfrentamento de tarefas e de atividades distintas das encontradas nas situações didáticas usuais, e dificuldades que definimos como resultado de uma reversão ontológica.

Esta segunda dificuldade, ao nosso ver, é mais complexa, pois se aproxima do que Bourdieu (1983) chama de *habitus*, referente a uma postura introjetada por estudantes e da qual, na maioria das vezes, não se tem consciência, mas faz parte do que poderíamos chamar de invariantes no esquema {I}. Se considerarmos que o esquema instrumentaliza o enfrentamento de situações {S}, os licenciandos do grupo analisado mostraram que, nesse enfrentamento, o seu ponto de partida é sempre uma teoria, encarando os problemas como a busca por uma explicação teórica.

Sem dúvidas, essa postura gera dificuldades na problematização e na investigação dos fenômenos, visto que os estudantes sempre procuram respostas dentro de uma teoria e tentam moldar os fenômenos com mero exemplar da mesma. No trabalho aqui apresentado, como observado na seção passada, a reversão ontológica se manifestou de forma marcante, quando os licenciandos esqueciam o fenômeno que estavam investigando e focalizavam no aprendizado de uma teoria, ou ainda, quando mudavam o foco do trabalho para um caso que poderia ser considerado uma aplicação teórica, como, por exemplo, quando o fenômeno do aquecimento global foi trocado pelo problema da camada de ozônio, simplesmente por este ser o fenômeno mais explícito da teoria da interação da radiação com matéria.

Por fim, 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 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. Dito

isso, esperamos que novas pesquisas sejam realizadas e que possam colaborar com o desenvolvimento da disciplina e a formação de professores em Física.

REFERÊNCIAS

- BRAVO, R. S. **Técnicas de investigação social**: teoria e ejercicios. 7 ed. Ver. Madrid: Paraninfo, 1991.
- Bourdieu, P. **Questões de sociologia**. Rio de Janeiro: Marco Zero, 1983.
- BUNGE, M. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.
- CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Tradução Ir. Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CRUZ, F. F. S.; 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.
- CRUZ, S. M. S. C. S.; REZENDE JUNIOR, M. F.; CRUZ, F. F. S. Situações didáticas diferenciadas e seu papel na formação inicial de professores de física. In: **V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Bauru, 2005a.
- 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.
- 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.
- 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.
- FRENCH, S. **Ciência**: conceitos-chave em filosofia. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- 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.
- 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.
- TRIVIÑOS, A. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 2008.