

Karlinne Lisandra Devegili

**OS PROJETOS TEMÁTICOS NA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES DE FÍSICA NA UFSC**

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sonia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz.

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

Florianópolis
2012

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

D489p Devegili, Karlinne Lisandra

Os projetos temáticos na formação de professores de física na UFSC [dissertação] / Karlinne Lisandra Devegili ; orientadora, Sônia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz. - Florianópolis, SC, 2012.

176 p.: il., tabs.

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. Física - Estudo e ensino (Superior). 3. Professores de física - Formação. I. Cruz, Sônia Maria Silva Corrêa de Souza. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.

CDU 37



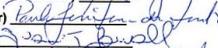
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

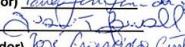
**"Os Projetos Temáticos na formação de Professores de Física
na UFSC".**

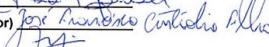
Dissertação submetida ao Colegiado
do Curso de Mestrado em Educação
Científica e Tecnológica em
cumprimento parcial para a obtenção
do título de Mestre em Educação
Científica e Tecnológica

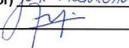
APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 16/03/2012

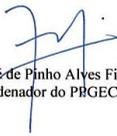
Dr^a. Sonia Maria Silva Correa de Souza Cruz (CFM/UFSC – Orientadora) 

Dr. Paulo José Sena dos Santos (CFM/UFSC - Coorientador) 

Dr^a. Ivani Teresinha Lawall (CCT/UEDESC – Examinadora) 

Dr. José Francisco Custódio Filho (CFM/UFSC - Examinador) 

Dr. José de Pinho Alves Filho (CFM/UFSC – Suplente) 


Dr. José de Pinho Alves Filho
Coordenador do PRGECT

Karlinne Lisandra Devegili
Florianópolis, Santa Catarina, março de 2012.

Para todos que de alguma maneira
contribuíram para a realização de mais
uma etapa.

AGRADECIMENTOS

Certamente, não consegui estabelecer uma ordem onde fosse possível apontar uma lógica para minha gratidão, logo começo pelos seguintes:

Inicialmente agradeço ao apoio financeiro oportunizado pelo povo brasileiro através da bolsa recebida da Capes.

Aos Professores orientadores Dra. Sonia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz e Dr. Paulo José Sena dos Santos, pela oportunidade de amadurecimento e aprendizado.

Aos Professores que muito me ensinaram através de seus exemplos, e que apresentam-se como base para minha vivência como professora. Professora Jurscélia pelo “gosto” que tomei pela Física no Ensino Médio, Professora Ângela Tereza Zorzo Dal Piva, pela extrema atenção e profissionalismo. Aos Professores Paulo César Rech, Ivani Teresinha Lawall e Vitor Hugo Garcia, pela dedicação e cuidado no compromisso com a formação inicial de professores. Aos Professores José Francisco Custódio Filho, Luiz Clement e Tatiana Comiotto Menestrina pela atenção dedicada na formação continuada de professores, que se encontravam desligados da Universidade. MUITO OBRIGADA! Sempre aguardei por uma oportunidade em dizer isso a todos vocês.

Aos Professores Frederico Firmo de Souza Cruz, José de Pinho Alves Filho, José Francisco Custódio Filho e licenciandos 2010/02 e 2011/01, de Instrumentação para o Ensino de Física B e C do curso de licenciatura em Física/UFSC, por suas contribuições para a pesquisa, e pela maneira atenciosa que me atenderam.

Aos meus amigos Bruno Simões, Gabriela Kaiana Ferreira, Ketlin Weiss, Pedro Luiz Veppo e Sabine Schweder, por nossas conversas no final da tarde, as caminhadas, e nossos momentos de diversão e angústias que nos aproximou.

À Iracema Terezinha Devegili, Kamila Mariana Devegili, Luiz Alexandre Devegili e Nelson Devegili, em ordem alfabética para tentar não ser injusta, pela dedicação e amor, que vêm demonstrado em todos os momentos. Eu sei que amor não se agradece apenas se retribui, mas certamente o incondicional apoio me fez terminar mais essa etapa.

Aos momentos de grande troca de ideias na sala de mestrandos, com Anaximandro, Daiani, Débora, Deisi, Elizandro, Fábio, Fabíola, Francisco, Germano, Guilherme, Maria Carolina, Marilisa, Nicélio, Pedro, Rogério e Rosilene.

Aos demais amigos e familiares, não menciono seus nomes para não correr o risco de esquecer alguém, mas que me ofereceram o que tinham de melhor a oferecer, suas orações e pensamentos positivos.

E por entender que aprendi um pouco mais com cada pessoa que interagi. Agradeço a quem chamo de Deus, por possibilitar o encontro com pessoas que: amam, oram, trocam ideias, aproximam, contribuem, apoiam, oportunizam, e sobre tudo ensinam.

Nem tão longe que eu não possa ver
Nem tão perto que eu possa tocar
Nem tão longe que eu não possa crer que um dia chego lá
Nem tão perto que eu possa acreditar que o dia já chegou.
(Engenheiros do Hawaii)

RESUMO

O presente trabalho de dissertação traz uma investigação sobre a possibilidade da resignificação conceitual no encaminhamento dado à elaboração dos Projetos Temáticos, nas disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física (INSPE) na UFSC. Por contar com uma abordagem temática, associada ao processo de modelização, e outros elementos também importantes, a elaboração de Projetos Temáticos no conjunto de disciplinas de INSPE, vem apresentando-se como uma situação didática diferenciada para o processo de conceitualização. Tal configuração pode oportunizar a resignificação sobre o significado atribuído aos conceitos físicos pelo futuro professor, aproximando-o da coerência entre seu processo de formação e o ambiente onde atuará. Para tanto, a pesquisa contou com duas etapas. A primeira etapa com o intuito de mapear tal possibilidade de resignificação conceitual, foi realizada uma leitura do produto do Projeto Temático, material escrito denominado como Unidade de Ensino e entregue ao professor da disciplina. A análise foi feita na busca por indicativos da possibilidade de resignificação conceitual, na descrição do processo de modelização, com base na Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud. Enquanto que 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 que partilharam de tal processo de elaboração dos Projetos Temáticos.

Palavras-chave: Formação de Professores, Resignificação Conceitual, Física Ondulatória.

ABSTRACT

This dissertation provides an investigation about the possibility of conceptual reframing in the direction given to the elaboration of thematic projects, in the disciplines of Instrumentation for the teaching of Physics (INSPE) at UFSC. By relying on a thematic approach, associated with the modeling process, and other elements also important, the development of thematic projects on disciplines of INSPE, has presented himself as a different teaching situation for the process of conceptualization. This configuration, creates the possibility of a expansion of meaning attributed to physical concepts by the future teacher, approximating his the coherence between formation and the environment where he will act. To this end, the survey had two stages. The first step in order to map this possibility of reframing conceptual, was developed in the reading the final product of the Thematic Project, written material refered to as Teaching Unit and delivered to the subject teacher. It was analyzed in the search for indications of reframing conceptual, in the description of the modeling process, based on the Theory of Conceptual Fields by Gérard Vergnaud. While the second step, empirical categories were drawn based on Content Analysis, in order to verify a change in the arguments about physical concepts of wave among the undergraduates who shared in this development process of the Thematic Project.

Keywords: Teacher formation, Conceptual Reframing, Wave Physics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Questão 3	117
----------------------------	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Enquadramento das respostas das 1ª e 2ª questões em unidades de registo.....	109
Tabela 2 - Enquadramento das respostas da 3ª questão em unidades de registo.....	118
Tabela 3 - Enquadramento das respostas da 4ª questão em unidades de registo.....	122
Tabela 4 - Enquadramento das respostas da 5ª questão em unidades de registo.....	126
Tabela 5 - Enquadramento das unidades de registo no padrão 1 de respostas.....	131
Tabela 6 - Enquadramento das unidades de registo no padrão 2 de respostas.....	133
Tabela 7 - Enquadramento das unidades de registo no padrão 3 de respostas.....	134
Tabela 8 - Enquadramento das unidades de registo no padrão 4 de respostas.....	135
Tabela 9 - Apresentação dos licenciandos e seus respectivos Temas .	137
Tabela 10 - Enquadramento dos licenciandos que elaboraram projetos com temáticas associadas aos conceitos físicos pesquisados	138
Tabela 11 - Enquadramento dos licenciandos que não elaboraram projetos com temáticas associadas aos conceitos físicos pesquisados	139
Tabela 12 - Quantificação das mudanças de nível – PT com conceitos associados à ondulatória.....	141
Tabela 13 - Quantificação das mudanças de nível - PT sem associação aos conceitos de ondulatória	143

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
CAPÍTULO I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
1.1 MODELOS E MODELIZAÇÃO	27
1.1.1 Os modelos na Ciências	27
1.1.2 Modelos no Ensino de Ciências	29
1.1.3 A Modelização	31
1.2 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS	34
1.3 RESIGNIFICAÇÃO CONCEITUAL	41
1.4 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	45
CAPÍTULO II - CONFIGURANDO O AMBIENTE E A METODOLOGIA DE PESUISA	49
2.1 O AMBIENTE DA PESQUISA	49
2.1.1 Instrumentação para o ensino de Física A – INSPE A	50
2.1.2 Instrumentação para o ensino de Física B e C – INSPE B e C	50
2.1.2.1 O tema para o Projeto Temático	56
2.2 A ELABORAÇÃO DO PROJETO TEMÁTICO	58
2.3 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	67
CAPÍTULO III - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS	73
3.1 LEITURA SOBRE OS ELEMENTOS QUE SUBSIDIAM A POSSIBILIDADE DE RESIGNIFICAÇÃO CONCEITUAL NOS PROJETOS TEMÁTICOS CONSTRUÍDOS NO CAMPO CONCEITUAL DE ONDULATÓRIA	73
3.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO SOBRE OS QUESTIONÁRIOS E ENTREVISTAS	104
3.3 RESULTADOS DA PESQUISA EMPÍRICA	136
CONSIDERAÇÕES FINAIS	145
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151
ANEXOS	157

INTRODUÇÃO

O panorama apresentado por pesquisas na área do ensino de Ciências aponta para uma contradição, quando se trata de uma escolarização predominantemente pautada no Ensino Tradicional. Segundo Fourez (2003), estudantes de diferentes níveis de ensino, mesmo tendo contato com conceitos científicos ao longo de anos e respondendo corretamente às avaliações propostas por seus professores, apresentam dificuldades em responder questões sobre fenômenos naturais, eventos tecnológicos ou funcionamento de equipamentos. Estas questões são aquelas que normalmente não fazem parte do ambiente escolar, mas que poderiam ser respondidas com base em conceitos científicos já estudados.

Ao se refletir sobre as dificuldades dos estudantes no enfrentamento de questões citadas, as seguintes podem ser destacadas:

- formação apoiada de forma predominante em representações simbólicas¹ e/ou relações matemáticas, frutos de transposições simplificadas, resultando em abstrações e idealizações nem sempre compreendidas;
- ensino centrado em situações específicas, sem extrapolar para outros contextos;
- atividades escolares que exigem respostas, investindo-se pouco na possibilidade de aprender com suas perguntas;

Para ilustrar o que foi destacado anteriormente, apresenta-se como exemplos as transposições restritas para os conceitos de velocidade e onda no Ensino Médio. Para o primeiro, não se observa outro significado de velocidade senão a relação direta e mecanizada de espaço percorrido num intervalo de tempo, principalmente associada à relação matemática. No caso do conceito de onda, o significado restringe-se à forma da onda como uma forma senoidal, deixando de lado outras formas de ondas que poderiam estar associadas a outros fenômenos. E quando se fala em velocidade de propagação de uma onda, apresenta-se apenas a equação $v = \lambda.f$, afastando qualquer relação com o meio.

¹ Ao se mencionar sobre representações, entender-se-á aqui como o “conjunto das formas pertencentes e não pertencentes à linguagem que permitem representar simbolicamente o conceito, as suas propriedades, as situações e os procedimentos de tratamento (o significante);” (VERGNAUD, 1996, p. 166).

Segundo Westphal (2006), outro ponto a ser considerado no Ensino Tradicional é uma concepção de educação como produto. O contato dos estudantes se dá com modelos científicos preestabelecidos, sem qualquer aproximação com o processo de construção dos modelos utilizados; logo, as abstrações pouco são discutidas, reduzindo ainda mais as situações². Como se pode verificar no exemplo indicado por Rezende Junior (2006), em uma leitura sobre o livro didático:

Exemplos práticos muitas vezes artificiais, mesmo que pretensamente ligados ao cotidiano, não significam que tenha escapado da gangorra racionalista-empirista. Por exemplo, quando se escreve, nos LD (livros didáticos), a Lei de Hooke, a mesma é apresentada como exemplo da elasticidade da barra de ferro e de outros materiais, entretanto, no tratamento teórico da constante elástica, elemento essencial do fenômeno da elasticidade e fundamental construção de modelos frutíferos ao entendimento da matéria, é considerada apenas um dado numérico do problema e a ênfase é totalmente voltada para a resolução das equações de movimento (resolução da equação de Newton). Isto é, não é a elasticidade que está em questão, mas sim aplicação das Leis de Newton. (REZENDE JUNIOR, 2006, p. 69).

Tal concepção de ensino distancia-se de perspectivas delineadas em documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN+ (2002), nos quais jovens que concluíram o Ensino Médio e não têm mais contato com o conhecimento científico em suas profissões ou formações universitárias também pudessem compreender e participar criticamente do mundo em que vivem. Da mesma maneira, também almejado pela alfabetização científica e tecnológica, segundo Souza Cruz e Zyberstajn:

[...] trata-se de uma perspectiva baseada em argumentos para a promoção da alfabetização

² Adotar-se-á como referência de situações o entendimento atribuído por Rezende Jr. em sua Tese, como “problemas, questões, fenômenos que necessitam de explicação e cujo enfrentamento exige a utilização ou criação de um ou mais conceitos, trazendo a tona o seu significado e ou sua aplicabilidade.” (REZENDE JUNIOR, 2006, p. 139).

científica para a população em geral, o que fornece uma base racional para que o Ensino de Ciências se torne tão relevante quanto possível para um público tão amplo quanto possível. (SOUZA CRUZ; ZYBERSTAJN, 2001, p. 171).

O objetivo é oportunizar para a população, que obteve contato com o conhecimento científico no Ensino Formal, fazer escolhas ou construir seus questionamentos com base no entendimento do conhecimento científico, afastando-se do senso comum.

A limitação em se tentar construir um entendimento sobre os conceitos físicos no Ensino Médio conduzido por professores que compartilham da concepção de Ensino Tradicional, denominado por Carvalho e Gil-Pérez (2011) como “operativismo mecânico”, traz à tona outras questões. Como possibilitar a construção de entendimento de conceitos científicos, discutindo fenômenos diferentes dos que são abordados em sala de aula e se aproximar da perspectiva almejada pelos PCNs? Como inserir a discussão sobre outra concepção de ensino na formação de professores? Uma nova concepção de ensino, como a delineada, pode facilitar a construção de entendimento de conceitos complexos, como os relacionados em Física Moderna, um foco atual da área?

Desse modo, ao buscar atender à coerência entre formação e atuação do professor por meio de uma nova concepção de ensino, e considerando as necessidades já delineadas, um grupo de pesquisadores do departamento de Física da UFSC vem procurando trabalhar outra perspectiva metodológica no curso de formação de professores, para que os futuros professores tenham a possibilidade de refletir e optar sobre outro encaminhamento didático. Vale ressaltar a grande contribuição que este trabalho recebeu, desde a sua introdução até a sua conclusão, do Professor Doutor Frederico Firmo de Souza Cruz, colaborador do grupo de pesquisadores.

Para tanto, estruturou-se um conjunto de três disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física (INSPE A, B e C), cujos programas visam a atender à demanda de professores. Essas disciplinas vêm se constituindo em um foco interessante de pesquisas, e, com os seus resultados, modificações são inseridas nos programas. Elas também recebem a denominação de integradoras, pois vinculam a teoria e a prática docente, na elaboração de projetos e aproximações com situações-problema das escolas e salas de aula a partir do Ensino

Fundamental ao Médio, conforme o Projeto Político Pedagógico do curso de Licenciatura em Física da UFSC (PPP/LICEN³-UFSC, 2002).

Para o encaminhamento didático da disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física B na UFSC, os licenciandos devem buscar o entendimento de um fenômeno natural ou tecnológico, partindo de tema e por meio do processo de modelização. Tal atividade é diferente do Ensino Tradicional, na visão do qual o professor como detentor do conhecimento e é quem possibilita a sua transmissão; enquanto, nesse processo, ele atua como mediador. O processo de modelização pressupõe vários passos: elaboração de perguntas, construções de hipóteses, seleção de variáveis, definição de caminhos, recortes, representações e transposições didáticas. A exigência é que, no final do semestre, todo esse processo tenha levado ao entendimento do fenômeno em um nível de terceiro grau. No semestre seguinte, na disciplina de INSPE C, os licenciandos retomam o processo, tendo como objetivo a elaboração de um minicurso sobre o fenômeno destinado ao Ensino Básico.

Tal atividade, que é desenvolvida ao longo de dois semestres, foi denominada de Projeto Temático e, devido à sua estrutura, foi identificada por Rezende Junior (2006) como uma situação de aprendizagem diferenciada no processo de conceitualização do licenciando.

A abordagem baseada em PT mostrou-se, no caso aqui estudado, como uma situação diferenciada dentro do contexto escolar, pois coloca os licenciandos diante de uma situação desafiadora, que envolve não apenas os conteúdos formais, usualmente presentes nos outros cursos, mas também exige deles atitudes e ações que normalmente não são enfrentadas no ensino tradicional. (REZENDE JUNIOR, 2006, p. 235).

O grupo de professores que lecionam tais disciplinas tem como hipótese que o licenciando, ao passar pela construção de Projetos Temáticos, configurada como uma situação de aprendizagem diferenciada de ensino, passa por um processo de resignificação conceitual, que é de fundamental importância para sua futura prática profissional.

³ Projeto Político Pedagógico do curso de Licenciatura de Física da Universidade Federal de Santa Catarina de 2002.

Com isso, a investigação foi dirigida com o intuito de analisar a possibilidade de resignificação conceitual durante a elaboração de Projetos Temáticos, convertida na seguinte questão:

Os projetos temáticos desenvolvidos nas disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física B e C, na UFSC, possibilitam a resignificação conceitual?

Assumindo como objetivo geral:

- investigar se a formação dos licenciandos, por intermédio da metodologia com base no processo de modelização, desenvolvido nas disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física B e C, possibilitam resignificação conceitual.

Ao pesquisar sobre a possibilidade de resignificação conceitual, não se espera abarcar uma discussão sobre perfil conceitual ou mudança conceitual, mas sim uma amplificação do significado atribuído ao conceito científico, dentro de uma transposição didática para um contexto diferenciado, favorecendo a coerência entre a formação do professor e o que dele se espera, ao considerar documentos como PCNs.

E para concretização deste objetivo geral, apresentam-se os seguintes objetivos específicos:

- analisar os processos de modelização na elaboração dos Projetos Temáticos;
- analisar as transposições didáticas na elaboração dos Projetos Temáticos.

Diante da dinâmica diferenciada entre professor, estudante e conhecimento, espera-se encontrar indicativos de que os licenciandos reflitam sobre os conceitos estudados de maneira a construir uma compreensão amplificada, pois anteriormente se apresentavam associados apenas à reprodução de situações reiteradas nos vários níveis de formação, quando os licenciandos eram conduzidos na construção de seu entendimento por seus professores.

Na atividade proposta, sua maior autonomia possivelmente poderá levá-los a um entendimento mais aprofundado sobre os conceitos físicos estudados. Entendendo que, nesta pesquisa, ao se depararem com a construção de seus Projetos Temáticos, os licenciandos estabelecem um processo de conceitualização cuja análise tem que estar respaldada por uma boa base teórica.

Para tanto, conta-se como base a Teoria dos Campos Conceituais, a qual estabelece que o conceito não deva apresentar-se de forma isolada, tendo em vista a construção de significado para o

indivíduo. “A teoria dos campos conceituais visa a construção de princípios que permitam articular competências e concepções constituídas em situação, e os problemas práticos e teóricos em que essas competências e concepções se constituem.” (FRANCHI, 1999, p. 164).

Portanto, é importante também estar bem fundamentado em relação à discussão sobre a modelização de fenômenos, a concepção de modelos na ciência e a transposição didática.

Assim, o capítulo inicial da dissertação conta com uma discussão sobre a concepção de modelos na ciência e sobre as implicações do uso de modelos e modelizações no Ensino de Ciências. Posteriormente, partindo do pressuposto de que uma possível resignificação conceitual seja oportunizada diante de um processo de modelização na elaboração de um Projeto Temático, tal resignificação será investigada dentro da integração dos conjuntos que compõem a tríade de Gérard Vergnaud em sua Teoria dos Campos Conceituais. Tal base teórica orienta a análise dos Projetos Temáticos construídos. E, finalmente, o capítulo é finalizado com uma breve discussão sobre a Transposição Didática.

O segundo capítulo trata sobre o contexto no qual são construídos os Projetos Temáticos, bem como expõe a história do conjunto de disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física e sua evolução. Posteriormente, apresenta-se o encaminhamento didático dado à disciplina para elaboração dos Projetos Temáticos, finalizando com a exposição da metodologia de pesquisa incorporada à dissertação.

Na elaboração de Projetos Temáticos, conta-se com a oportunidade de resignificação conceitual, com isso, a pesquisa é delimitada pela procura por subsídios que levam os licenciandos à resignificação conceitual. Assim, o terceiro capítulo inicia-se com a leitura sobre as Unidades de Ensino entregues ao professor da disciplina. Na seção seguinte, parte-se da concepção de que o significado dos conceitos físicos é atribuído pelo indivíduo, contudo a elaboração dos Projetos Temáticos é feita em grupos (de três a quatro licenciandos); dessa forma, outros instrumentos de pesquisa foram elaborados para coletar os dados de forma individual. A análise sobre os dados coletados em questionários e em entrevistas foi feita mediante a Análise de Conteúdo de Bardin (1994), limitando-se aos conceitos físicos do Campo Conceitual de Ondulatória.

Após verificar se há elementos que possibilitem resignificação conceitual para os futuros professores de Física, apresentou-se uma breve reflexão sobre os dados obtidos por meio da leitura das Unidades

de Ensino e da análise dos questionários e entrevistas. Finalmente, nas considerações finais, acrescentamos indicações dos possíveis desdobramentos para pesquisas futuras.

CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 MODELOS E MODELIZAÇÃO

Em meados de 1986, o termo “modelo” ganha grande dimensão na pesquisa em ensino de ciências e foi o tema de um trabalho desenvolvido por Krapas *et al.* (1997). Nesse trabalho, os autores buscam delinear o uso e os sentidos do termo na literatura de educação em ciência. Os resultados apontaram um aumento significativo dos termos modelagem como objetivo educacional e de meta modelo. A discussão continua presente na área, como também a busca por referenciais para desenvolvimento e implementação de estratégias usando a modelagem como objetivo educacional. Assim, ao delimitar a pesquisa no processo de modelização como possibilidade de construção de significado sobre os conceitos físicos pelo indivíduo, busca-se, então, uma reflexão sobre o propósito das etapas explícitas, a qual se estabelece no processo para construção de um modelo explicativo e das possíveis convergências com a pesquisa.

1.1.1 Os modelos na ciência

Para uma reflexão sobre o uso de modelos na ciência, inicialmente se apresenta um delineamento da concepção adotada sobre a construção do conhecimento científico. Conforme Cupani e Pietrocola (2002), quando fazem uma leitura sobre Bunge, percebem a ciência baseada em um realismo não ingênuo, na qual o conhecimento perceptível mostra-se deficiente e deve ser enriquecido pelo conhecimento conceitual teórico. No caso da ciência, seu objeto de estudo são os fatos, isto é, as teorias⁴ apresentam a possibilidade de representar simbolicamente a realidade, mas nem sempre oferecem dados que possam ser contrastáveis empiricamente. Assim, ao pesquisar sobre determinado objeto, não se conta apenas com os fatos que podem ser averiguados ou contestados formalmente, mas também com a construção de uma análise indireta ou hipotética.

Segundo Bunge (1974, p. 160):

⁴ Bunge explicita essa racionalidade afirmando que o conhecimento científico é constituído por ideias que se vinculam entre si mediante regras lógicas, organizam-se em sistemas e são denominadas teorias. (CUPANI; PIETROCOLA, 2002).

E toda a ideia relativa a objetos físicos de uma espécie, seja ou não uma ideia adequada, não é mais nem menos do que uma ideia. Além disso, nenhuma ideia assim jamais é uma descrição fotográfica de seu referente pretendido, mas uma representação hipotética incompleta e simbólica deste.

Diante desta perspectiva, as descrições elaboradas contam com a abstração de um formalismo conceitual e matemático dos objetos físicos em questão, oferecendo uma visão específica, ressaltando determinadas variáveis e ocultando outras. Logo, as teorias não oferecem uma descrição fiel do comportamento de um fenômeno, mas uma aproximação.

Para French (2009), Pietrocola (2001), Cupani e Pietrocola (2002), a vantagem de se construir um modelo é limitar a complexidade teórica, ao se produzir idealizações e abstrações sobre determinada situação. Idealizações e abstrações que não poderão ser feitas de forma demasiada, para não correr o risco de afastar o modelo do fenômeno tratado quanto às suas propriedades ou características, deixando de representar a situação em questão. Em relação à construção de modelos, French (2009, p. 84) afirma que:

Em geral, as teorias são muito complexas para que possamos simplesmente deduzir consequências experimentais, por isso construímos um modelo mais simples e matematicamente tratável, que, por um lado, contém idealizações de certos aspectos da teoria e, por outro, captura ao menos alguns aspectos dos fenômenos relevantes.

Diante dessa perspectiva, para a construção do conhecimento científico, o modelo pode apresentar-se como representativo ou explicativo, ao conectar a teoria e a realidade encontrada no comportamento de um fenômeno. Não apenas estabelecendo sua construção diante de teorias, eventos e observações, mas na construção de hipóteses.

Portanto, conforme Cupani e Pietrocola (2002), distanciando-se de uma visão limitada por uma realidade perceptível, por meio de uma construção teórica, é possibilitado o progresso do conhecimento que se faz do mundo. A explicação científica não constitui uma cópia da

realidade, mas uma representação simbólica, imperfeita e principalmente, aperfeiçoável.

1.1.2 Modelos no ensino de ciências

Ao ensino de ciências cabe a árdua tarefa de estabelecer oportunidades aos indivíduos para que tenham contato com modelos conceituais, frutos do conhecimento construído por idealizações e abstrações, desenvolvendo percepções menos dogmáticas sobre a ciência.

Na perspectiva delineada, e para Bunge (1974), Pinheiro (1999) e Pietrocola (2001), os modelos conceituais são representações esquemáticas de um objeto ou de uma situação, atribuindo-se propriedades e características possíveis de serem tratadas por teorias. Os modelos didáticos provenientes dos modelos conceituais, mesmo sofrendo modificações, conservam seu conteúdo conceitual ou sua estrutura, contudo, como os modelos conceituais, também estabelecem uma representação sobre o sistema físico, dentro de uma lógica interna para sua constituição e de acordo com as semelhanças com o fenômeno descrito.

Ao se pensar em um modelo conceitual, deve-se considerar sua articulação com um número acentuado de hipóteses e abstrações elaboradas para compreender o comportamento de uma realidade restrita, trazendo formalizações matemáticas. Situação que se distancia da possibilidade de entendimento, de estudantes que não contam com tal estágio de formalização. Assim, segundo Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001), para ensinar e aprender ciências, necessita-se então de uma adaptação adequada utilizando modelos conceituais simplificados.

Entretanto, ao construir simplificações para que os modelos didáticos possibilitem um entendimento dos estudantes, podem-se criar confusões como já foi apontado pelos autores ao revisar textos didáticos. Inicialmente, a contextualização histórica na qual se insere a problemática para a construção do modelo científico é retirada, oferecendo uma falsa noção de verdade.

A maior parte dos manuais franceses de física expõem o efeito fotoelétrico dando, primeiramente, as leis experimentais. Mostram, em seguida, que essas leis são bem explicadas pela teoria do fóton de Einstein. Ora, a teoria de Einstein data de 1905 e era apresentada como “um ponto de vista heurístico”, ao passo que as experiências haviam sido feitas com dificuldades técnicas por Millikan em 1916. (ASTOLFI; DEVELAY, 2005, p. 50).

Acaba-se não explicando o fenômeno, mas uma verdade de forma intrínseca, assim, o modelo didático é corroborado pelas experimentações, e não há contradição entre os fatos experimentais e os modelos anteriores. Outro fator seria que, para um modelo cientificamente aceito, podem existir modelos alternativos sobre a mesma temática; contudo, nos textos, os modelos didáticos aparecem de maneira não conflitante e de forma sequencial, reforçando a noção de verdade.

Quando se estabelece uma aproximação do real dentro de um modelo, cria-se a expectativa sobre possíveis comparações. Para Bunge (1974), a percepção de analogias é o primeiro passo para a classificação e a generalização. Portanto, ao realizar uma comparação, estabelecem-se aproximações que poderão ser utilizadas para a construção do entendimento. Para Astolfi e Develay (2005), ao permitir ancorar o saber novo ao que já se conhece, é possível estabelecer “pontes cognitivas”, processo que será encorajado pelo professor ao oferecer uma aproximação diante do modelo didático à teoria, possibilidade que poderá ser reconhecida quando as analogias adotadas vinculariam os modelos construídos pelos estudantes aos modelos científicos. Segundo Pinheiro (1999), ao se tratar de analogias, o modelo pode ter uma dupla função: pode ser considerado como parte heurística no processo de construção de uma teoria, ou uma função descritiva, e, posteriormente, de comunicação da teoria.

O primeiro papel da analogia é sugerir a equivalência, sem contudo estabelecê-la. A incapacidade de distinguir a analogia da equivalência deu origem à crença clássica, todavia errada de que a analogia é a fonte da indução, por seu turno erroneamente considerado o método da ciência. (BUNGE, 1974, p. 196).

A citação está relacionada com a construção do conhecimento científico associado aos modelos. Contudo, não se pode negar que, ao se aproximar da relação modelos e ensino de ciências, ela também se torna válida, ao se refletir sobre a equivalência encontrada entre o modelo e o sistema comparado, quando o significado de determinado fenômeno acaba tornando-se a equivalência encontrada. Como o exemplo, ao usar o funcionamento do sistema hidráulico para explicar como ocorre o fluxo de corrente elétrica em um condutor, pode-se induzir a concepções equivocadas, quando apenas se ressaltam as equivalências, e não as diferenças de um fenômeno e outro.

1.1.3 A modelização

Como evidenciado por Hestenes (1996, 1987), Martinand (1986), Custódio e Pietrocola (2002) e Rezende Junior (2006), os modelos proporcionam o desenvolvimento científico, e seu uso compartilha espaço no ensino de ciências. Ainda assim, a ação de ensinar ciências aos estudantes está distanciada de como são construídos os modelos. Tal negligência contribui com uma visão distorcida sobre a construção do conhecimento científico, apresentado como produto de poucos cientistas com capacidade para tal, além de incidir sobre a compreensão conceitual dos estudantes.

Com base em seus estudos, Hestenes (1996) indica que a falta de entendimento dos estudantes, sobre o que ouvem ou leem no Ensino Tradicional de Ciências, leva-os a uma aprendizagem sem sentido, com base em fórmulas e memorizações, além de despender um tempo excessivo no combate às concepções julgadas equivocadas, que se apresentam em praticamente todas as etapas do ensino.

Hestenes defende que a admissão das ferramentas utilizadas na modelização afastaria uma visão equivocada sobre a ciência. Quando respostas são construídas para atender a questões referentes a um fenômeno natural, eventos tecnológicos ou funcionamento de equipamentos, em nosso cotidiano, não se atribui “valores ou resultados”, de forma natural, mas constrói-se uma explicação. Para a condição anterior, em Carvalho Júnior (2005), encontra-se a concepção de que a completa solução para um problema físico é um modelo. Compartilhando de tal concepção, logo se admite que o recurso mais adequado para as respostas das questões colocadas no início do parágrafo são modelos explicativos.

Na perspectiva de Hestenes, o conhecimento científico conta com uma complexa rede de modelos interligados; assim, para a

construção do entendimento sobre este conhecimento científico, propõe-se o desenvolvimento de habilidades cognitivas para fazer e usar modelos, conforme Custódio e Pietrocola (2002, p. 1):

Na maioria dos casos, quando solicitados a prever, explicar ou até mesmo justificar o comportamento de determinada situação, mesmo aquelas abordadas na escola, os alunos fazem previsões a partir de uma intuição pouco científica. Resultados deste tipo parecem fazer crer que as atividades de educação científica na escola não ensinam a modelizar fenômenos.

Cabe, então, prover atividades nas quais se ensine a modelizar, nas quais se construa, analise e valide um modelo. Para Hestenes (1996), o processo de modelização inicia com a necessidade de compreender determinada situação física. Portanto, ao examinar o fenômeno que se deseja explicar, ou sistema que se almeja descrever, opta-se por considerações as quais se julga relevante, como também se estabelece a desconsideração de outras. Inicia-se então o processo de abstração, ao delinear quais especificidades serão ressaltadas no modelo explicativo, seja ele um modelo conceitual familiar ou modificado para atender à situação.

O passo seguinte, indicado como “a análise do modelo”, é feito por meio das averiguações sobre as hipóteses, ou inferências, como denominadas pelo autor. Para a validação do modelo após a construção de suas hipóteses, o indivíduo compara as características do sistema que está sendo representado com a estrutura e o comportamento do modelo explicativo construído. Possibilitando a verificação dos pontos de convergência entre o modelo e o sistema modelado. (CARVALHO JÚNIOR, 2005).

Contando com a mesma ênfase para o Ensino de Física, atribuída anteriormente a Hestenes, outra proposta é indicada por Pinheiro; Pietrocola e Pinho Alves (2001), ao apresentar uma sequência para o processo de modelização, contudo estruturada para uma atividade experimental. Em sua constituição, encontra-se motivação, formulação de hipóteses, validação das hipóteses e novos questionamentos, e enunciado. A motivação, por sua vez, está associada a um problema significativo ou a uma questão que se relaciona com as experiências anteriores do estudante, que participa do processo de modelização. Logo, mostra-se alguma concepção já elaborada pelo estudante sobre o

objeto, “o que significa dizer que, em algum momento, o aluno já interagiu com tais objetos e já formulou um conceito sobre eles”. (PINHEIRO; PIETROCOLA; PINHO ALVES, 2001, p. 42).

Na sequência, após a interação inicial, na qual são reconhecidas regularidades ou variações, passa-se a formular hipóteses sobre o comportamento do objeto que se almeja modelar, ressaltando, assim, suas propriedades. Para Pinheiro; Pietrocola e Pinho Alves (2001), trata-se de uma “aposta” ou previsão do comportamento do “objeto do modelo”, tal etapa, no trabalho Hestenes (1996), é aproximada à “análise de modelo”. Como se trata de uma atividade experimental, a validação das hipóteses incide sobre os dados que são utilizados na construção de um modelo analítico ou algébrico, bem como também poderia ter sido considerada a construção de um modelo descritivo para a representação da mudança das funções explícitas no tempo, caso a situação inicial fosse o movimento de um corpo. Logo, é necessário ressaltar que o propósito de modelizar não apresenta apenas como foco o produto final, que configura no tipo de modelo, mas sim a mobilização conceitual ao longo da construção do modelo explicativo.

Na etapa final, denominada de enunciado:

[...] há a comparação entre o modelo empírico, os dados experimentais e as expectativas teóricas da aposta. Nesse momento, além de uma formulação verbal do modelo construído, deve-se provocar discussões a respeito da generalização desse modelo e de sua aplicabilidade.” (PINHEIRO; PIETROCOLA; PINHO ALVES, 2001, p. 43).

Dentro da perspectiva delineada por Hestenes (1996), Pinheiro, Pietrocola e Pinho Alves (2001), a modelização de um sistema físico não é uma atividade puramente mental, tendo em vista que sua construção se estabelece nas interações com objetos ditos reais, em observações, experiências ou mesmo na opção por modelos que melhor respondam suas questões iniciais.

Para Hestenes (1996), um modelo parte de uma simplificação de um fenômeno natural, no qual se ressaltam determinados parâmetros ou propriedades para melhor compreender, explicar ou descrever o fenômeno inicial. Tais parâmetros servem como indicadores para adoção de determinado modelo, e as hipóteses apresentam-se como possibilidade de inferência.

No entanto, o que se espera com o processo de modelização na elaboração dos Projetos Temáticos em INSPE diverge em alguns pontos com o que Hestenes apresenta, pois, maior ênfase é dada às questões e hipóteses para o recorte do tema sobre o fenômeno natural ou evento tecnológico pesquisado, presentes também ao longo de todo processo de modelização, fomenta-se a concepção de que modelos são construídos para desenvolver ideias. Logo, ao fundamentar tais ideias, inserem-se então os conceitos físicos que melhor delineiam os parâmetros e as propriedades a serem consideradas.

Com isso, dentro da reflexão necessária para buscar conceitos físicos já internalizados, o licenciando depara-se com um processo de conceitualização dentro de uma situação diferente da usual. No grupo de pesquisadores ao qual se encontra inserido este trabalho, todos compartilham a concepção de que o processo de conceitualização é fundamentado teoricamente diante da Teoria dos Campos Conceituais.

1.2 TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

A discussão avança sobre uma breve exposição da Teoria dos Campos Conceituais. Tendo em vista que a presente pesquisa pauta-se sobre a possibilidade de encontrar, no processo de elaboração do Projeto Temático, a oportunidade de ampliação de significado do indivíduo sobre os conceitos físicos, buscam-se, então, na integração da tríade de Gérard Vergnaud, subsídios que corroborem a possibilidade de tal ampliação de significado.

Gérard Vergnaud, psicólogo francês e pesquisador de referência na didática da Matemática, tem sua tese de doutorado escrita sob a orientação de Jean Piaget, de quem apresenta grande influência, inserindo o conceito de esquemas em sua Teoria dos Campos Conceituais, a qual, segundo Vergnaud (1996), é uma teoria cognitivista, que tem por finalidade entender os vínculos e as rupturas no processo de aprendizagem dos conhecimentos. Inicialmente, foi proposta para explicar como ocorre o processo de conceitualização para as estruturas aditivas e multiplicativas em crianças e adolescentes, portanto, não é uma teoria específica da Matemática (VERGNAUD, 1996). Considerando as especificidades destacadas no ensino de ciências, entre elas a concepção espontânea dos estudantes, pode-se contar com a possibilidade de empregar a Teoria dos Campos Conceituais também para a área do ensino de ciências. (MOREIRA, 2002; FÁVERO; SOUZA, 2002; REZENDE JUNIOR, 2006).

A Teoria dos Campos Conceituais dedica principal atenção ao fato de que “[...] um conceito não pode ser reduzido a sua definição, pelo menos quando nos interessamos pela sua aprendizagem e pelo seu ensino. É através de situações e de problemas a resolver que um conceito adquire sentido para a criança.” (VERGNAUD, 1996, p. 156). Vergnaud (1998) destaca ainda que o processo de conceitualização, ao partir de uma situação real, apresenta-se como ponto fundamental da cognição. Ao tentar resolver uma situação ou um problema, apresentam-se envolvidos os conceitos, os esquemas⁵ e as representações simbólicas. Esses aspectos estão interligados de tal forma que, ao oferecer algum sentido, favorecem o desenvolvimento do entendimento pelo indivíduo. Assim, um Campo Conceitual pode ser retratado como um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de construção do entendimento. (VERGNAUD, 1998).

A Teoria dos Campos Conceituais elaborada por Vergnaud (1996, 1998, 2007, 2009) e Vergnaud e Plaisance (2003) procura explicar o processo de conceitualização que ocorre de forma progressiva entre os campos conceituais e sua associação com situações que não foram ainda apreendidas, as quais, por sua vez, requerem uma variedade de conceitos e de representações simbólicas conectadas entre os Campos Conceituais.

Para Vergnaud, o conceito não deve apresentar-se de forma isolada, tendo em vista a construção de significado para indivíduo. O significado de um conceito se estabelece em uma tríade de conjuntos: $C = (S, I, R)$ em que:

S: conjunto das situações que são sentido ao conceito (a referência);

I: conjunto das invariantes nas quais assenta a operacionalidade dos esquemas (o significado);

R: conjunto das formas pertencentes e não pertencentes à linguagem que permitem representar simbolicamente o conceito, as suas propriedades, as situações e os procedimentos de tratamento (o significante). (VERGNAUD, 1996, p. 166).

⁵ Retrata-se aqui como esquema uma estrutura, ou a organização de ações, que é generalizável em circunstâncias semelhantes, no momento da ação. (FERRACIOLLI, 1999).

O conceito insere-se em um Campo Conceitual e traz, na situação defrontada como referência, seu significado e sua aplicabilidade. Já os invariantes operatórios são a base operativa dos esquemas evocados no indivíduo, para resolver a situação com a qual se depara.

Por fim, as formas linguísticas e não linguísticas permitem representar o conceito, e, para a Física, “a linguagem matemática e gráfica tornam-se parte constitutiva da organização conceitual, sendo difícil desvinculá-la da noção de invariantes”. (REZENDE JUNIOR, 2006, p. 139).

Para a Teoria dos Campos Conceituais, é diante de situações que o conceito adquire significado, valorizando a importância dos esquemas, pois a maneira como o indivíduo resolve a situação com que se depara depende diretamente dos esquemas que possui. Para Franchi (1999, p. 158), “mais precisamente pode-se pensar em situação como um dado complexo de objetos, propriedades e relações num espaço e tempo determinado, envolvendo o sujeito e suas ações”. Portanto, para Vergnaud, quando se expõe o conceito de situação, aproxima-se da ideia de “tarefa” ou de resolução de algum problema. (MOREIRA, 2002; FÁVERO; SOUZA, 2002; ANDRÉS; PESA, 2004; REZENDE JUNIOR, 2006; CARVALHO JUNIOR; AGUIAR JUNIOR, 2008).

A noção de situação proposta por Vergnaud difere da ideia de situação didática proposta por Brousseau (2008). Para este, a situação está relacionada com o meio ou maneira que o professor utiliza para comunicar determinado conhecimento.

De acordo com a Teoria dos Campos Conceituais, uma situação nunca pode ser analisada mediante um conceito isolado. Ao contrário, um conceito apresenta estreitas conexões com outros conceitos, assim como também:

[...] qualquer situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas, cuja natureza e dificuldades próprias é importante conhecer. A dificuldade de uma tarefa não é, nem a soma, nem o produto das dificuldades das diferentes subtarefas, mas é claro que o fracasso numa subtarefa implica no fracasso global. (VERGNAUD, 1996, p. 167).

Como mencionado por Vergnaud, em sua Teoria dos Campos Conceituais sobre as estruturas aditivas ou multiplicativas, refletir sobre a resolução de uma equação possivelmente remete a refletir sobre a resolução de uma multiplicação, que, resolvida de forma errada, compromete o resultado da equação. Da mesma maneira, ao tentar explicar algum fenômeno físico, é feita a conexão de vários conceitos, e, ao contar com uma concepção equivocada sobre um determinado conceito, compromete-se a explicação do fenômeno configurado como “tarefa” principal.

Segundo Vergnaud, um conceito torna-se significativo ao indivíduo diante das diferentes situações com que se depara. Contudo, o significado do conceito não se apresenta nas situações, tampouco em suas representações, mas sim na relação entre as situações e representações mediante os esquemas mobilizados pelo indivíduo.

Os invariantes operatórios são constituídos de teoremas-em-ação e conceitos-em-ação. Vergnaud (1996) afirma que um conceito-em-ação não é o próprio conceito, assim como um teorema-em-ação também não reflete um teorema científico. Os conceitos e teoremas científicos são explícitos, enquanto que os invariantes operatórios constituem parte implícita da conceitualização, compondo o entendimento do indivíduo sobre conceitos e teoremas em situações.

Outro conjunto indicado na tríade de Vergnaud são as representações simbólicas que constituem um “[...] conjunto de representações simbólicas (linguagem natural, gráficos e diagramas, sentenças formais etc.), que servem para representar de forma explícita os invariantes operatórios.” (GRECA; MOREIRA, 2003, p. 5). Essas representações permitem ao indivíduo refletir sobre o conceito e o seu uso frente à resolução de problemas ou situações.

Segundo Vergnaud (1996), apenas um símbolo ou uma situação em particular não remete o indivíduo a todos os seus esquemas disponíveis, “[...] o sentido de uma situação particular de adição não é pois, o sentido da adição; tal como não é o sentido de um símbolo particular.” (VERGNAUD, 1996, p. 179).

Conforme Moreira (2002), Fávero e Souza (2002), Rezende Junior (2006), Carvalho Júnior e Aguiar Júnior (2008), dentro da Teoria dos Campos Conceituais, Vergnaud dedica especial atenção à influência das situações em relação aos esquemas, ao invés de limitar-se à interação sujeito-objeto, ao qual se dedicava Piaget.

O esquema é uma totalidade dinâmica funcional, uma organização invariante da conduta, quanto a uma certa classe de situações. Essa organização comporta objetivos e esperas, regras de ação, tomada de informação e de controle, e é estruturada por invariantes operatórios, isto é conhecimentos adequados para selecionar a informação e processá-la (conceitos-em-ato e teoremas-em-ato). As possibilidades de inferência em situação também são parte integrante do esquema, pois sempre há uma certa adaptação do comportamento às variáveis da situação. (VERGNAUD; PLAISANCE, 2003, p. 66).

O esquema está vinculado ao entendimento já consolidado por situações anteriores, sendo mobilizado para o entendimento de novas situações. A situação configura-se como uma circunstância na qual um conceito novo é apresentado para a construção do entendimento. É interessante também notar que um esquema não é específico a uma situação. Para Vergnaud, um mesmo esquema pode atender a várias situações, contudo, partindo de uma mesma organização para atender a metas e objetivos diferentes, possibilitando a generalização de sua conduta.

Vergnaud (1998, 2007), em sua Teoria dos Campos Conceituais, reconhece particularidades dentro dos esquemas e aponta ingredientes que compõem os esquemas em seu trabalho. São eles:

1. **Antecipações e metas:** ao considerar que o esquema é norteado pela tentativa de responder à determinada situação, possivelmente conta-se com metas e antecipações intermediárias, ou subtarefas.
2. **Regras de ação, buscando informações e controle:** diante da situação com a qual o indivíduo se depara e recolhe informações, estabelece as condições às quais suas ações responderão.
3. **Invariantes operatórios:** (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) é o entendimento que o indivíduo construiu como base que permitirá inferir metas e alcançar as regras de ação.
4. **Possibilidade de inferência:** a partir dos invariantes operatórios, é possibilitado ao indivíduo inferir as informações recolhidas e avaliar suas metas e antecipações.

A perspectiva delineada pelos “ingredientes” é que os esquemas desenvolvidos pelos indivíduos, contam com uma base conceitual que serve de parâmetro para suas ações. No entanto, os invariantes operatórios que compõem essa base conceitual são constituídos por partes implícitas, podendo ser compostas por concepções alternativas, tornando-se complexo construir uma argumentação conclusiva sobre eles.

Segundo Rezende Junior (2006), ao se mencionar sobre o alcance dos esquemas, encontrar-se-á dois grupos distintos de situações, nos quais o esquema também funcionará de maneira diferente. Para o grupo de situações já familiarizadas aos esquemas, as ações do sujeito apresentam-se de maneira automática. Enquanto que, em situações diferentes das usuais, os esquemas podem mostrar-se insuficientes e acabam passando por processos de acomodação, combinação e recombinação com outros esquemas.

Ao resolver problemas que já são de seu domínio cognitivo, o indivíduo realiza operações que já foram consolidadas e “estaciona” em uma determinada área de conforto, a qual é denominada, na teoria de Vygotsky, como zona de desenvolvimento real. Para Vygotsky (2008), o desenvolvimento cognitivo é possibilitado quando o indivíduo é orientado por seus pares ou professores por meio de resolução de alguma problemática que lhe ofereça certa complexidade. Ao se deparar com atividades mais complexas, ao indivíduo seria oportunizado a desenvolver sua potencialidade, em uma área na qual ainda não tenha domínio, mas que seja possível desenvolver suas capacidades por intermédio da mediação de seus professores ou pares. Essa área é denominada como zona de desenvolvimento proximal. Conforme Vergnaud (1998), um grande desafio para os professores é possibilitar esse grupo de situações diferenciadas para a evolução dos esquemas de seus estudantes em uma zona de desenvolvimento proximal.

De tal modo, para Moreira (2002), Carvalho Júnior e Aguiar Júnior (2011), na Teoria dos Campos Conceituais, é possível reconhecer não apenas a influência da Teoria Cognitivista de Piaget, como também uma forte influência da Teoria Sociocognitivista de Vygotsky. Diferentemente de uma posição em que se aponta total incompatibilidade entre as duas teorias, advoga-se sobre os benefícios que as duas teorias podem oferecer a pontos distintos da Teoria dos Campos Conceituais. Pois, conforme Castorina (1998), o fato das duas teorias apresentarem duas visões sobre a mesma temática, como a psicologia cognitiva, não remete a uma oposição, pois incidem sobre problematizações específicas.

Segundo nosso enfoque [...], é discutível que Piaget e Vigotsky se tenham colocado as mesmas questões, a que responderam mais ou menos pontualmente. Pelo contrário: em ambos os autores, cada questão sobre determinada temática adquire em cada caso um significado peculiar porque foi proposta no horizonte de problemáticas diferentes. Dito de outro modo, há perguntas básicas distintas que orientaram as pesquisas de cada um. Se conseguirmos elucidá-las, pode desaparecer a oposição taxativa entre as teses centrais [...]. (CASTORINA, 1998, p. 162).

Com isso, para esta pesquisa, as diferenças entre as duas teorias não se apresentam como conflitantes. Piaget enfatizou o desenvolvimento das funções psicológicas do indivíduo, enquanto que, em Vygotsky, a ênfase encontra-se no papel das interações do indivíduo durante seu processo de conceitualização. Como também é ressaltado por Vergnaud:

É certo que Piaget enfatiza mais a atividade do sujeito que a cultura, mas é perfeitamente consciente do papel da cultura no desenvolvimento cognitivo da criança. Vygotsky, prioriza o peso da cultura e os processos de mediação assegurados pelo adulto, tendo em vista a apropriação da cultura pela criança, porém ele é também um dos pais da teoria da atividade: dá à linguagem e ao simbolismo um papel essencial de mediação. (VERGNAUD, 2007, p. 286, tradução nossa).

Com isso, não há um apontamento para a desconsideração de uma teoria ou de outra, mas uma maior ênfase dada a determinada problemática; logo, nesta perspectiva, não se pontua a incompatibilidade entre as teorias, mas sim suas contribuições à Teoria dos Campos Conceituais.

Ao longo da exposição feita sobre a Teoria dos Campos Conceituais, observa-se que, para Vergnaud, um tipo de atividade de ensino não se mostra suficiente para que os estudantes construam um entendimento sobre os conceitos apresentados. Conforme Vergnaud, para que haja uma efetiva construção do entendimento, os estudantes devem rever os conceitos em situações diferentes, apresentadas como

“tarefas” de maneira a estabelecer uma reflexão das partes que compõem o campo conceitual. No Ensino Tradicional, os tipos de atividades acabam sendo recorrentes, dispensando a necessidade de reflexão ao desenvolver a atividade, restringindo-a apenas à inserção de conceitos físicos e ao uso de representações, já reconhecidos para aquela especificidade. Entretanto, ao partir da elaboração dos Projetos Temáticos em INSPE B e C como situação diferenciada, o processo de modelização dentro de suas etapas apresenta-se como a possibilidade de mobilização dos esquemas do indivíduo para o tratamento da situação ao qual se encontra. Isto é, ao partir da modelização, o indivíduo depara-se com um tema, elabora questões destacando determinado elemento sobre o fenômeno e, com isso, faz o delineamento de hipóteses e idealizações, simplificando e limitando as inúmeras variáveis as quais podem ser tratadas em um fenômeno. A inserção dos conceitos físicos se dá na pesquisa e constituição sobre o modelo que melhor se adapta à proposição elencada por suas hipóteses, podendo buscar, assim, representações e expressões matemáticas que oferecem caráter preditivo e descritivo ao modelo explicativo.

Nesta dinâmica, devido à necessidade de reflexão sobre tais etapas pelo indivíduo envolvido pelo processo, considera-se possível a integração da tríade de conjuntos de Vergnaud, ao qual se tenta localizar a possibilidade de resignificação conceitual, tratada na próxima seção.

1.3 RESIGNIFICAÇÃO CONCEITUAL

Como apontado na pesquisa de Rezende Junior (2006), a Teoria dos Campos Conceituais não se apresenta como uma teoria didática, no entanto não significa que ela não possua implicações didáticas. Entre uma delas, observa-se a atuação do professor como mediador ao estabelecer situações diferenciadas, para que os estudantes sejam capazes de desenvolver seus esquemas no enfrentamento das situações mais complexas, não se limitando a uma classe de problemas.

Como delineado por Vergnaud (1996, p. 171), para o processo de conceitualização, deve-se considerar duas ideias principais ao tratar de situações:

1. **ideia de variedade:** existe uma grande variedade de situações em um campo conceitual dado, e as variáveis de situação são um meio de gerar o conjunto de classes possíveis de maneira sistemática;
2. **ideia de história:** os conhecimentos dos alunos são formados pelas situações com que eles deparam-se e que

progressivamente dominaram, nomeadamente pelas primeiras situações susceptíveis de dar sentido aos conceitos e aos procedimentos que se pretende ensinar-lhes.

As ideias exemplificadas configuram a necessidade da diversificação de situações, nas quais o indivíduo deve deparar-se no processo de conceitualização, de maneira a colocar à prova suas concepções e também a construir o entendimento de novos conceitos, com base em suas ações.

Nesse terreno de múltiplas relações com os saberes é fundamental um processo de conceitualização dinâmico que se de um lado contempla a devolução versus a contra-devolução, isto é, a manutenção de uma relação professor-aluno-saber dentro de uma zona de desenvolvimento proximal; de outro, deveria atender a necessidade de estratégias que permitam a conceitualização. Isso significa dizer que a riqueza da conceitualização não deriva somente da apresentação de situações frutíferas, mas também da riqueza do tratamento didático. Aqui a ideia de modelos parece central (REZENDE JUNIOR, 2006, p. 105).

Promover situações nas quais o indivíduo apresenta-se em ação na construção de seu entendimento não apenas lhe permite a confrontação de conceitos já internalizados na situação que almeja explicar, como também uma visão integradora, pois, diante de uma nova situação, o indivíduo não poderá mobilizar apenas um conceito, mas uma conexão com outros conceitos de um Campo Conceitual. Além disso, também se espera que, ao se deparar com situações semelhantes, por meio de suas experiências, sejam estabelecidas generalizações.

Segundo leitura de Carvalho Júnior. (2005), em seus trabalhos, Hestenes defende a redução na quantidade dos conteúdos trabalhados em sala de aula em favor da centralização em conceitos-chave, para que os estudantes tenham tempo de construir, testar e validar modelos explicativos. Possibilidade que se mostra coerente ao objetivar tratar com profundidade determinado Campo Conceitual, instituindo uma visão integradora e de generalização.

Continuando, ainda temos que a situação escolar difere das situações gerais de Vergnaud, visto que nela, o conhecimento científico deve ser apropriado pelo aluno enquanto que nas situações propugnadas por Vergnaud a dialética entre [S] e [I, R] parecem implicar num processo progressivo de conceitualização, onde os conceitos são significados e resignificados e onde os teoremas e conceitos também são modificados. Diferentemente, na situação escolar tem-se como meta que o aluno aprenda as regras de aplicação dos conceitos e teoremas científicos em sistemas idealizados e espera-se que os exercícios e problemas levem-no a um entendimento progressivo do conhecimento estabelecido, que lhe é dado de antemão. (REZENDE JUNIOR, 2006, p. 141).

As situações mobilizadas no Ensino Tradicional são pautadas na relação [I, R] e fundamentadas em sistemas físicos idealizados, nos quais o conhecimento aparece distanciado de seu contexto e de sua problemática de construção, e em meio aos vários obstáculos que são gerados diante deste quadro, o indivíduo constrói seu significado sobre os conceitos apresentados de forma fragmentada. Significado que se estabelece dentro do sentido que é possibilitado ao indivíduo, como destacado anteriormente, por meio de exercícios trazidos por seus professores. Logo, entende-se que, para possibilitar uma resignificação conceitual, devem-se buscar situações que promovam a integração da tríade [S, I, R], uma vez que se almeja que o entendimento construído partilhe de uma aprendizagem significativa⁶.

Em sua pesquisa realizada dentro do conjunto de disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física, Rezende Junior (2006) localiza uma situação que contribui para o processo de conceitualização dos estudantes de Licenciatura em Física, “usando a linguagem de Vergnaud, podemos dizer que o desenvolvimento de PT constituiu-se como uma situação de aprendizagem diferenciada, isto é, uma situação que propicia a interação dinâmica do terno [S, I, R]”. (REZENDE JUNIOR, 2006, p. 218). Principalmente como advoga Rezende Junior

⁶ “Na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos.” (MOREIRA, 2010).

(2006), caracteriza-se como situação diferenciada por se tratar de uma situação desafiadora, que não se restringe apenas à formalização conceitual, mas também demanda atitudes e ações que normalmente não são enfrentadas no Ensino Tradicional.

A elaboração de um Projeto Temático conta com um processo de modelização para explicar e entender um fenômeno. Ao refletir sobre as etapas apontadas por Hestenes (1996; 1987), pode-se assumir o modelizar como uma relação didática entre o saber, professor e estudante, pois o processo de modelização inicia com a necessidade de compreender determinada situação física.

Na etapa inicial de modelização, ao tentar compreender determinada situação física, o indivíduo depara-se com um problema significativo. E contando com suas experiências anteriores, na tentativa de responder esta problemática inicial, mobiliza seus esquemas já internalizados, nos quais poderá encontrar subsídios para criar as etapas e nas quais concretizará sua “tarefa”. Podem ser mencionadas, aqui, metas e antecipações que orientarão a construção do modelo explicativo, regras de ação que norteiam o resultado, a base conceitual que oferece um entendimento sobre as ações que o indivíduo desenvolve, além da possibilidade de inferência que permite reavaliar suas ações, especificidades que, na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, identifica-se como ingredientes dos esquemas.

Então, ao considerar a construção de um modelo como uma “tarefa” ou uma situação a qual Vergnaud aponta como necessária para o processo de conceitualização, o indivíduo mobiliza seus esquemas para avaliar as informações disponíveis, classificando-as como relevantes ou não na construção de questionamentos e hipóteses que direcionam a intencionalidade do modelo explicativo.

Com isso, o sujeito pode utilizar-se de um modelo já conhecido para dar conta dessa nova situação ou terá que gerar novos modelos. Os passos para a construção de um modelo capaz de dar conta da situação apresentada são identificar o sistema, as variáveis e as propriedades que interessam e especificar as variáveis que as representam. (CARVALHO JÚNIOR, 2005, p. 46).

Assim, o significado do conceito envolvido no processo de modelização não se apresenta consolidado unicamente nos aspectos formais, como definições ou representações simbólicas, mas também no

desenvolvimento do processo de modelização, ao estabelecer um modelo explicativo sobre determinado fenômeno.

Um estudante expressa seu conhecimento científico, tanto pela forma como atua em situação (como operatório), e por declarações e explicações que pode expressar (um predicado). O sentido é a atividade desenvolvida e não apenas as formas linguísticas que declarou. (VERGNAUD, 2007, p. 285).

Vergnaud (1996) afirma que significado é uma relação do sujeito com as situações e com os significantes. Ou seja, são os esquemas criados ou evocados por uma situação que constitui determinado significado dos conceitos para o indivíduo.

Frente à natureza das situações encontradas ao longo da formação escolar, o significado construído por grande parte dos estudantes sobre os conceitos científicos se estabelece em um formalismo conceitual, que atende ao entendimento de situações muito próximas das iniciais, bem como a resolução de problemas, sendo difícil para os estudantes extrapolá-las para um entendimento aplicado aos fenômenos naturais e eventos tecnológicos.

Com base na Teoria dos Campos Conceituais, partindo do pressuposto de que o conceito adquire significado frente às situações com que o indivíduo se depara ao mobilizar seus esquemas. Na construção do processo de modelização para a elaboração dos Projetos Temáticos, busca-se a possibilidade de resignificação conceitual.

1.4 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

As etapas que compõem o Projeto Temático são elencadas no próximo capítulo, porém, para tratar sobre este assunto, faz-se necessário ressaltar algumas etapas, entre elas o início do processo de modelização.

Ao receber o tema de seus professores, os licenciados constroem questões e hipóteses, que direcionam seu Projeto Temático na construção de uma modelização, procurando entender e explicar seu tema para seus colegas licenciandos, associando os conceitos físicos e suas relações dentro de um formalismo que atenda ao nível de Ensino Superior. Portanto, na tentativa de construir respostas sobre as questões e hipóteses, foram consultados artigos de pesquisas científicas entre o

material disponível, revelando um contato com o conhecimento dito como “saber sábio”. Conhecimento que foi transposto ao longo da modelização, e se apresenta como um “saber a ensinar” na descrição da modelização, em uma Unidade de Ensino, denominação para o material escrito entregue ao professor de disciplina, o qual, por sua vez, tem o objetivo de revelar etapas da modelização, bem como a explicação para o fenômeno ou evento, servindo para consultas futuras aos demais licenciandos. O “saber a ensinar” inserido na Unidade de Ensino já conta com a interpretação do grupo de licenciandos sobre o conhecimento inicial, revelando-o como “saber ensinado” ao apresentá-lo nos seminários de socialização para os demais colegas. Para posterior continuação do processo de elaboração do Projeto Temático em INSPE C, o ponto de partida torna-se o material escrito da Unidade de Ensino, em INSPE B.

Com isso, o material serve de referência para outra transposição, sobre o qual os licenciandos retomam a modelização, desta vez para atender um público de Ensino Médio ao ministrarem seus minicursos. Parte-se da concepção de que, na transposição de um “saber” para outro, há um afastamento do Ensino Tradicional. Para tanto, busca-se, em Astolfi e Develay, um delineamento sobre o processo de transposição didática.

Para Astolfi e Develay (2005), a construção do conhecimento científico atende a um contexto histórico, revelando sua importância ao desvendar determinada problemática dentro de uma lógica ao expor os resultados sobre o problema pesquisado. Um saber produto de pesquisas de cientistas é reconhecido como “saber sábio”, contudo, ao pensar no saber que chega às salas de aula, necessita-se de uma interpretação didática do “saber sábio” para a realidade escolar, que atenda ao desenvolvimento cognitivo dos estudantes e às expectativas da sociedade. A migração deste “saber sábio” para um saber que atenda aos currículos escolares é gerada pelo processo de transposição didática, “[...] pois a escola nunca ensinou saberes (‘em estado puro’, é o que se desejaria dizer), mas sim conteúdos de ensino que resultam de cruzamentos complexos entre a lógica conceitual, um projeto de formação de exigências didáticas”. (ASTOLFI; DEVELAY, 2005, p. 51).

A transposição didática não tem sua finalização no “saber a ensinar”. O fechamento da etapa de migração de “saber sábio” a “saber a ensinar” é denominado como processo de transposição didática externa. Esse processo é constituído por um grupo de intelectuais e representantes de instituições legais, designado de “noosfera”, que

despersonaliza e descontextualiza o “saber sábio” de maneira a atender às competências designadas ao novo “saber a ensinar”, “[...] estes atributos configuram-se em conteúdos fechados e ordenados, de aspecto cumulativo e linearizado, que resultam em uma lógica sequencial que se reconstitui em um novo quadro epistemológico, totalmente diferente daquele que gera o saber sábio”. (PINHO ALVES, 2000, p. 49).

De tal modo, grande parte dos professores que constituem a realidade escolar não tem contato com o “saber sábio” construído nos centros de pesquisas ao elaborar suas aulas, seu contato restringe-se ao “saber a ensinar” que se encontra dentro dos manuais e das propostas de ensino, fruto da transposição didática externa.

Já dentro das salas de aula, ao elaborarem e desenvolverem suas aulas, os professores transpõem o “saber a ensinar” para “saber ensinado”. A transposição didática, agora denominada interna, sofre influências da comunidade escolar, como os profissionais e responsáveis pelos estudantes, bem como os objetivos delineados pela unidade escolar sobre o “saber ensinado”, ou mesmo pelas práticas sociais de referência, que são exemplificações e contextualizações que aproximam o “saber ensinado” ao cotidiano do estudante. (ASTOLFI; DEVELAY, 2005, p. 53).

Ao longo do processo de transposição didática, o “saber” sofre profundas modificações, pois é afastado da problemática que o originou, de maneira a atender a uma nova problemática no contexto de ensino-aprendizagem. Mesmo o conceito mantendo suas similaridades com o conceito original, ele passa a apresentar outros significados próprios do contexto no qual se insere.

Com isso, dentro das transposições didáticas encontradas na situação diferenciada proporcionada pela elaboração dos Projetos Temáticos, almeja-se encontrar os indicativos para a possibilidade de resignificação conceitual. Estes indicativos mostram-se quando o indivíduo, ao partir de um fenômeno de maneira geral, opta por recortes do tema por intermédio de suas questões e gera hipóteses, chegando em um modelo físico adequado e, com isso, inserindo conceitos físicos fundamentais para o entendimento do fenômeno, além do estabelecimento de equações e representações que ofereçam um caráter preditivo ao modelo. Etapas advindas do processo de modelização, encontradas na Transposição Didática, mostram-se como possibilidade para a resignificação conceitual.

CAPÍTULO II – CONFIGURANDO O AMBIENTE E A METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo, inicialmente será feito o delineamento do ambiente, detalhando todos os passos para o desenvolvimento da atividade Projeto Temático, objeto de análise da pesquisa. Em seguida, apresenta-se a metodologia utilizada.

2.1 O AMBIENTE DA PESQUISA

Atualmente, no Curso de Licenciatura em Física da UFSC, as disciplinas de prática de ensino⁷ compõem as 400 horas de prática como componente curricular, visam sensibilizar e preparar o futuro professor para o tratamento das questões práticas envolvidas no ensino dos conteúdos específicos para os níveis de Ensino Fundamental e Médio, favorecendo tanto a integração intracurricular, como também a integração do currículo com a prática escolar. Espera-se que, além de contribuir para a formação didática dos estudantes, tais disciplinas possam também ajudá-los enquanto alunos das disciplinas de conteúdos específicos.

- Uma parte importante da prática é provida pelas disciplinas de Instrumentação para o Ensino A, B e C. Essas disciplinas fornecem um conjunto de atividades integradas, por meio das quais os conteúdos específicos de Física, assim como os de Didática e Metodologia, servem de base para o desenvolvimento, a aplicação e a avaliação de módulos de ensino voltados ao nível médio e às últimas séries do nível fundamental.

A pesquisa é focada principalmente em duas disciplinas: Instrumentação para o Ensino de Física B e C, porém, pela sua articulação e pelo seu papel na formação de professores, apresenta-se as três disciplinas. Ao longo da pesquisa, devido à transição da grade

⁷ Conforme Marandino (2003), as disciplinas de Prática de Ensino, a partir de sua particularidade de integrar os saberes pedagógicos e científicos, devem considerar em seu programa: a educação em ciências como um campo em produção de conhecimento, no qual diferentes tendências e abordagens se delineiam, enfatizando a importância da formação profissional do professor de ciências em suas dimensões política, pedagógica e científica, e da reflexão sobre a prática pedagógica a partir de estágios supervisionados e por meio do desenvolvimento de outras possibilidades de experiência profissional.

curricular do curso de licenciatura em Física, dois currículos apresentavam-se vigentes, o primeiro reportava a sequência do conjunto de disciplinas para a 5ª, 6ª e 7ª fases, enquanto o atual transporta as disciplinas para as 6ª, 7ª e 8ª fases. A pesquisa foi situada na grade curricular antiga, porém, pôde-se observar que não houve alterações de carga horária para as disciplinas pesquisadas de INSPE B e C, logo, não se verificaram diferenças que *a priori* acarretaram mudanças necessárias no encaminhamento da investigação.

Atualmente, o conjunto de disciplinas tem seu foco na aproximação dos licenciandos com pesquisas na área de Ensino de Física, associadas às inquietações sobre o processo de ensino-aprendizagem de Física, retratando, assim, o papel e a influência das concepções alternativas, os aspectos da transposição didática, a importância dos modelos, do processo de modelização e das relações de Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), além de uma breve introdução à epistemologia.

2.1.1 Instrumentação para o Ensino de Física A – INSPE A

Atualmente, a disciplina de INSPE A está inserida na 6ª fase do curso, e os licenciandos que a cursam já passaram pelo ciclo básico. Sua ementa é a seguinte: Conhecimento científico: sua origem, métodos e elementos de epistemologia. Retrospectiva histórica do ensino de Física no Brasil até 1950. O estudo dos projetos de Ensino de Física (brasileiros e estrangeiros) da década de 1960 (PSSC, Harvard, Nuffield, Piloto, FAI, PEF) e suas influências no ensino de Física no Brasil. Novas concepções alternativas e da História da Ciência no ensino de Física. Obstáculos epistemológicos, Transposição Didática e Contrato Didático como instrumentos de análise do processo de ensino de Física. A função da Modelização na construção de modelos físicos.

O desenvolvimento da disciplina se dá com seminários apresentados pelo professor, em maior número, e pelos alunos.

2.1.2 Instrumentação para o Ensino de Física B e C – INSPE B e C

Apresentam-se as duas disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física B e C ao mesmo tempo, pois, mesmo tendo ementas diferentes, a atividade didática de elaboração do Projeto Temático tem duração de dois semestres, período em que é desenvolvida, implementada e avaliada, isto é, contempla os dois programas. A INSPE B, que se encontra atualmente inserida na 7ª fase, contempla a seguinte

ementa: A função e o papel do laboratório didático e das atividades experimentais no ensino de Física. Projetos inovadores: temáticos e interdisciplinares. Projetos interdisciplinares na concepção CTS ou ACT. Projetos temáticos de concepção no cotidiano. Planejamento e elaboração de um módulo de ensino (teoria e experimental) fundamentado nos processos de ensino-aprendizagem.

Já a INSPE C, que se encontra inserida na 8ª fase, conta com a seguinte ementa: Aplicação de uma unidade de ensino de Física em turmas piloto da comunidade. Elaboração de instrumentos para acompanhamento e avaliação da unidade de ensino com objetivos de reformulação. Seminários para apresentação dos resultados.

Desenvolvimento das disciplinas

Para buscar os subsídios de uma possível resignificação conceitual no encaminhamento dado à elaboração dos Projetos Temáticos, faz-se necessário entender a dinâmica ao qual tal processo encontra-se imerso. Assim, no primeiro dia de aula, o professor apresenta o programa, especificando que o trabalho de elaboração, implementação e avaliação da atividade Projeto Temático será feito ao longo de dois semestres por equipes de três ou quatro alunos. Para tanto, informa que os temas para a atividade são definidos pelos professores e enfatiza que os licenciandos devem escolher um recorte a partir do tema, sobre o qual precisam buscar o entendimento, e elaborar um modelo explicativo do evento escolhido, em nível de Ensino Superior. Informa que essa atividade encerra a primeira etapa e que deve estar concluída até o final do semestre. Destaca que o processo de elaboração de um modelo é denominado modelização e que possui várias etapas, as quais, por sua vez, são acompanhadas pelos professores e colegas por intermédio de seminários ministrados pelos grupos. Enfim, esclarece aos licenciandos que desenvolverá em grupo um exemplar para ajudar na compreensão do processo e das etapas, bem como também pode servir de consulta aos demais colegas.

Os professores expõem que, para o semestre seguinte, os licenciandos devem retornar ao modelo explicativo a partir do qual devem elaborar um minicurso para alunos do Ensino Médio e das últimas séries do Ensino Fundamental. Os professores indicam que, ao longo da disciplina, são ministrados tópicos como: a função e o papel do laboratório didático e das atividades experimentais no Ensino de Física; e projetos inovadores: temáticos e interdisciplinares na concepção CTS ou ACT. Enfoques que podem ser utilizados na elaboração dos Projetos Temáticos.

Logo após tal apresentação na primeira aula, os professores utilizam duas aulas seguintes exemplificar a elaboração de um modelo explicativo, retratando pontos que deveriam ser refletidos em um processo de modelização. Tal exemplificação foi trazida devido às dificuldades apresentadas por licenciandos de semestres anteriores, ao modelizarem em seus Projetos Temáticos. Segundo pesquisa de Machado (2009), no mapeamento de dificuldades sobre a elaboração de Projetos Temáticos, o desenvolvimento de modelizações “[...] foi classificada entre as três tarefas mais difíceis por 75% dos respondentes da pesquisa”. (MACHADO, 2009, p. 134).

No exemplar desenvolvido pelo Professor Dr. Frederico Firmo de Souza Cruz, que pode ser verificado no anexo V, o tema escolhido apresentava-se como Física dos esportes; tal extensão do tema deveria indicar aos licenciandos como se torna complexo examinar algo tão amplo, podendo-se adotar inúmeros aspectos. Para tanto, a alternativa adotada pelos professores era promover questões que limitassem a pesquisa, como: Que tipo de esporte almeja-se retratar? Desse modo, as questões limitam o tema que inicialmente se mostrava inacessível a subtemas possíveis de serem explorados, por exemplo, a opção de subtema apresentada pelos professores foi uma corrida ciclística.

Ainda assim, para um subtema que se mostra amplo, surgem novas questões feitas com o intuito de recortar, direcionando ainda mais o que se almeja tratar. No caso exemplificado, surgiram questões como: serão consideradas subidas, descidas ou curvas? As corridas serão em locais fechados, em circuitos apropriados para o ciclismo, ou abertos, como pistas de rua? Priorizar-se-á a biomecânica do ciclista? Depois de uma exposição feita em aula, sobre as questões elencadas anteriormente, os professores recortaram o subtema corrida ciclística, que se reduziu em uma corrida de longa duração, considerando a rua como pista, buscando a possibilidade de estimar os tempos dos trajetos no percurso adotado e surgindo, assim, a necessidade de encontrar um modelo adequado para tal tarefa. Para efeito de contexto, a proposição de estimar os tempos foi feita com base no recorte: corrida volta da França (opção para a construção da modelização). Posteriormente, os questionamentos apresentam-se cada vez mais aprofundados, conectando-se às hipóteses: Como é feita a pavimentação? Há alguma variação de tempo no percurso total se o material que compõe os pneus da bicicleta for mais rígido ou mais macio?

Como a problemática refere-se ao planejamento de tempos, a necessidade passa a ser modelizar o trajeto e o atleta com sua bicicleta. Na análise das limitações que são adotadas, os professores passaram a

inserir as abstrações e idealizações que são consideradas no modelo. Por se tratar de um percurso longo, não há necessidade de considerar as curvas, logo, justifica-se o tratamento dado como um trajeto retilíneo, além da consideração de aclives e declives com inclinação definida, aproximando-os de planos inclinados, tendo em vista um modelo físico já estudado que também pôde ser inserido. Ou, ainda, ao abstrair o atleta e a sua bicicleta, os professores o idealizaram como um paralelepípedo de massa total, denominado como m_b . O próximo passo mostrado pelos professores foi a modelização de variáveis, trazendo relações existentes entre os conceitos físicos, como potência motora, força propulsora e forças resistivas, elencando quais parâmetros físicos mostravam-se pertinentes de serem tratados, ao atender à problemática inicial. E, com isso, a finalização em um modelo preditivo com base nas leis de Newton, nas quais são apresentadas relações matemáticas e representações simbólicas a fim de validar o modelo ao confrontá-lo com valores reais.

No entanto, o tema escolhido pelos professores com o intuito de exemplificar o processo de modelização apresenta questões demasiadamente associadas aos conceitos de Física Clássica, deixando de lado a oportunidade de buscar, na relação entre os campos conceituais, a inserção de conceitos como os de Física Moderna, uma possibilidade que poderia ser verificada caso a exemplificação partisse do campo conceitual de Ondulatória, por exemplo.

Após a apresentação, os licenciandos são convidados a formarem grupos com três integrantes, formação que é mantida ao longo de todo o semestre. Almeja-se que a mesma equipe dê continuidade ao processo de construção do Projeto Temático em sua segunda etapa, que irá finalizar com a conclusão da disciplina de Instrumentação para Ensino de Física C, no semestre seguinte.

As aulas são distribuídas de maneira a atender as etapas de elaboração do Projeto Temático, bem como verificar abertura e redução do tema, em função das questões que são elencadas para definir um recorte, e a inserção dos conceitos científicos pertinentes para entender e explicar a temática. O processo tem sua continuidade com a construção, a melhoria e a verificação de um modelo, em que grande parte dos licenciandos apresenta dificuldade em se desvencilhar de modelos prontos que sirvam de encaixe com a temática referida, deixando de lado a possibilidade de construir hipóteses, criando ou modificando modelos que atendam os fenômenos em questão de forma mais adequada. Para Machado (2009, p. 128):

[...] a apreensão conceitual do objeto físico tratado no Tema envolve, explícita ou implicitamente, a escolha de algum objeto-modelo para representar o objeto real. Para efetuar esta escolha, é preciso se utilizar de algum critério: em um primeiro momento, a tendência da maioria dos licenciandos é manter a inércia, isto é, simplesmente extrair as conceituações já prontas encontradas nos livros didáticos, mantendo sua tradicional abordagem.

Desde o início, o professor assume o papel de mediador entre o significado atribuído aos conceitos fortemente arraigados à maneira como foram aprendidos e a constituição de uma situação a qual o licenciando deve enfrentar para explicar uma temática centrada num evento. Já para que haja socialização entre os grupos, sobre o encaminhamento dado ao processo em que cada equipe desenvolve sobre seu tema, são indicados três seminários para cada grupo dentro da proposta sugerida no cronograma da disciplina.

No primeiro seminário, sobre o recorte do tema, surgem principalmente os conceitos físicos que seriam envolvidos, guiados normalmente por uma série de questões que o grupo gostaria de responder sobre sua temática e suas hipóteses. No segundo seminário, sobre a modelização, os grupos apresentam os possíveis modelos que seriam incorporados para responder suas questões iniciais e para mostrar sua importância para o processo. E no terceiro seminário, sobre a apresentação final do Projeto Temático, o momento é reservado para que o grupo exponha todas as etapas de construção e o seu modelo simplificado, bem como explique o seu tema. Alguns seminários extras são oferecidos por professores convidados, para expor compreensões sobre: Alfabetização Científica e Tecnológica; Ciência, Tecnologia e Sociedade; além de Laboratório Didático.

A finalização da primeira etapa do Projeto Temático se dá com escrita da Unidade de Ensino de Física direcionada a um público de Ensino Superior, na qual deve constar a descrição de todo processo de modelização. O detalhamento do processo não é indicado apenas para servir às futuras consultas de professores que queiram fazer uso dos projetos em seus planos de aula, mas este detalhamento também possibilita ao grupo que a constrói confrontar-se com a coerência da sequência desenvolvida por eles. Cabe aqui o reconhecimento do processo de Transposição Didática, pois, para Chevallard (1991, p. 45):

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os *objetos de ensino*. O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de *transposição didática*.

Diferente da padronização encontrada nos livros didáticos quanto à disposição dos conceitos, ao elaborar um Projeto Temático, o grupo de licenciandos investe em uma intencionalidade, para que os conceitos do processo de modelização respondam à temática, e não a uma linearidade imposta. O grupo também deve elaborá-lo de forma a direcioná-lo a um público em nível de Ensino Superior, sendo identificado como um processo de Transposição Didática para a constituição da Unidade de Ensino.

A disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física B baseia-se na discussão do processo de formação do futuro docente quanto às questões metodológicas e conceituais, dentro de um processo de modelização, com formalismo adequado ao Ensino Superior. Na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física C, conta-se com um diferencial, pois, nela, retoma-se o processo de modelização, contudo, para reformulá-lo.

A reformulação do Projeto Temático conta com nova formalização conceitual sobre o que é pertinente expor sobre os conceitos científicos para um novo público: alunos de escolas de Ensino Médio da localidade. O objetivo é que estes, ao participarem de um minicurso apresentado pelos licenciandos, também tenham a oportunidade de compreensão sobre a temática abordada.

Os aspectos de mediação do professor na reformulação do Projeto Temático e a socialização com os colegas nos seminários previstos para a disciplina, observados já em INSPE B, são mantidos. Os minicursos dedicados aos alunos de Ensino Médio visitantes são ministrados em quatro etapas, perfazendo oito aulas.

Todas as etapas, desde a modelização, reconstruída ou reformulada no Projeto Temático, ao planejamento das aulas do minicurso, são descritas no material Unidade de Ensino. A reflexão sobre a adaptação dos modelos simplificados, construídos anteriormente, remete a um novo processo de Transposição Didática com maior detalhamento de suas etapas. Isso é feito para que o material possa servir de consulta, para

inserções das atividades em sala de aula ou para estabelecer as modificações que o professor julgar necessárias.

2.1.2.1 O Tema para o Projeto Temático

Segundo Machado (2009), a confecção dos primeiros projetos nas disciplinas de INSPE derivava de conceitos como “momento de inércia”, “ondas eletromagnéticas”, e, ao final do processo de construção do projeto, os licenciandos apresentavam uma contextualização com práticas que favoreciam a inserção de tais conceitos. Com as transformações sofridas pelas disciplinas, a abordagem conceitual é modificada para uma abordagem temática, então, os docentes sorteavam entre as equipes temas que dariam origem ao Projeto Temático. Percebe-se, então, um salto: se antes os conceitos eram contextualizados com suas abstrações e idealizações, na abordagem temática, o processo de explicação do tema demanda uma justificativa do tratamento de abstração e idealização dos conceitos inseridos.

Entretanto, os temas distribuídos aos licenciandos para o início do Projeto Temático, sejam eles relacionados com fenômenos naturais ou com aparatos tecnológicos, mostram-se demasiadamente amplos para serem tratados de forma integral num processo de modelização, de maneira a demandar dos licenciandos uma arguição que justifica a opção por determinado recorte e que é feita dentro das questões que são elaboradas pelo grupo. Para função de exemplo, pode-se verificar o tema Micro-ondas, cuja amplitude remete desde tratamento para o entendimento de transmissão de sinais por meio de ondas eletromagnéticas, até o cozimento do alimento. Cabe ao grupo construir questões que almejam responder sobre sua temática, redimensionando, assim, o fenômeno natural ou aparato tecnológico inicial para fenômenos “reduzidos”, possíveis de serem tratados, tal processo é denominado de recorte do tema.

É importante frisar que os fenômenos tratados dentro dos temas não aparecem já formalizados como é usual nos livros textos. Por se tratarem de temas gerais, é necessário que os estudantes façam recortes, escolham dentro da gama de fenômenos aqueles que sejam mais relevantes. E, ao se debruçar sobre os fenômenos escolhidos, eles são obrigados a buscar os conceitos e variáveis relevantes, associando-os ao conhecimento físico. (SOUZA CRUZ; REZENDE JUNIOR; SOUZA CRUZ, 2005, p. 5).

O delineamento de um tema que tenha como ponto de partida a busca pelo entendimento de um fenômeno natural, ou aparato tecnológico, favorece não apenas a construção da compreensão dos próprios conceitos envolvidos diretamente com o fenômeno, mas também a compreensão de conceitos físicos que apareçam interligados ao campo conceitual inicial, como, por exemplo, da Física Ondulatória, o Movimento Oscilatório, ou conceitos de Física Moderna.

Para as disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física B e C, a necessidade de contemplar uma aproximação entre ciência e tecnologia reflete-se também na escolha dos fenômenos, que são apresentados como temas abordados na construção dos Projetos Temáticos, segundo Souza Cruz e Zylberstajn (2001, p. 190):

A ideia básica que fundamenta tal abordagem é a de que, tanto os aspectos científicos, como as implicações sociais de um produto tecnológico podem ser melhor explorados se a aprendizagem dos mesmos for centrada em eventos que tenham a potencialidade de capturar a atenção do aluno. Isso porque o evento pode funcionar como um polo de integração para o tratamento da tríade Ciência-Tecnologia-Sociedade.

Assim, uma temática que envolva o estudo de fenômenos naturais ou aparatos tecnológicos pode aproximar a atenção do estudante devido a seu contato com a realidade de seu dia a dia, além de possibilitar a construção de uma visão crítica e menos ingênua quanto à constituição da ciência e da tecnologia frente à sociedade. Para um olhar sobre o currículo, ao contemplar um tema centrado em evento, o número de conceitos não se apresenta tão limitado, logo, à maneira que a pesquisa sobre o tema aprofunda-se, mais conceitos acabam emergindo por se mostrarem relacionados com o Campo Conceitual.

Em especial, os Temas escolhidos para o desenvolvimento dos Projetos nas disciplinas de INSPE B – 2010/02 – e com sua continuidade em INSPE C – 2011/01 –, revelam outros aspectos, além do mencionado anteriormente. Os temas escolhidos foram: “Ultrassom e imagens”; “Fórmula 1”; “Bumerangue”; “Saltos Ornamentais Olímpicos”; “Ressonância e Instrumentos Musicais”; “Física das Tempestades”; “Micro-ondas”; “Ressonância Schumann”. Ao observá-

los, percebe-se que quatro dos oito temas indicados estão diretamente relacionados com o campo conceitual de Física Ondulatória.

A opção por temas que envolvam o campo conceitual de Física Ondulatória pelos professores da disciplina deve-se à tentativa de oportunizar, dentro de uma situação diferenciada, a continuidade do processo de conceitualização para conceitos de Física Moderna. Para Moreira (2002), dentro de uma leitura sobre a Teoria dos Campos Conceituais para o Ensino de Ciências, entende-se que os campos conceituais não são independentes, e as relações encontradas entre os campos conceituais exercem grande importância na construção do seu entendimento.

Outro fator deve-se possivelmente, em parte, à tentativa de oportunizar uma nova situação de aprendizagem aos licenciandos em relação a conceitos de Física Ondulatória, pois trabalhos como de Wittmann (1999) indicam que o grande apego por representações na construção de um entendimento sobre os conceitos de Ondulatória, devido a seu nível de abstração, favorecem o surgimento de concepções equivocadas. Contudo, na abordagem temática, os licenciandos precisam justificar e fazer escolhas para explicar a inserção de tal conceito, não sendo suficiente o conceito isolado.

2.2 A ELABORAÇÃO DO PROJETO TEMÁTICO

A elaboração de Projetos Temáticos pelos licenciandos de Física/UFSC, ao longo dos semestres de 2010/02 e 2011/01, mostra-se como produto de uma evolução das disciplinas de Instrumentação B e C, mediante pesquisas cujo foco é a construção de uma modelização.

Como delinea Hestenes (1996), Astolfi e Develay (2005), o processo de modelização intervém no processo de conceitualização quando não há a satisfação com o simples estabelecimento de uma relação de causa e efeito. Para INSPE B e C, o ponto de origem de tal insatisfação torna-se a proposição de uma abordagem temática e dá início à construção de um modelo explicativo na tentativa de prever, descrever, entender e explicar o fenômeno ou o evento inicial.

O processo de modelização inserido na elaboração do Projeto Temático tem seu ponto de partida nas questões construídas pelos licenciandos ao buscar entender o fenômeno ou evento com o qual se deparam, por meio de pesquisas em artigos ou livros ou em uma busca por referências bibliográficas que fundamentem suas pesquisas. Como em um processo em espiral, na tentativa de aprofundar suas pesquisas,

os licenciandos acabam criando ainda mais questões que direcionam tal aprofundamento e, portanto, recortando o tema inicial.

A mediação dos professores mostra-se imprescindível já no início do processo de modelização. Conforme o encaminhamento dado à pesquisa pelos licenciandos, o professor orienta-os oferecendo referências bibliográficas adequadas às questões delineadas, além de avaliar se as referências encontradas pelos próprios licenciandos são confiáveis. Tal orientação também é verificada na exposição da redução do Tema para os demais colegas, na oportunidade de uma socialização, no momento descrito como Seminário I – Relatório I (como indicado no Plano de Ensino da disciplina em Anexo I).

Logo, os recortes iniciais usados para delinear, orientar e comunicar o processo são resultados das questões elaboradas sobre o tema inicial e de hipóteses. Sendo assim, tanto as questões quanto as hipóteses discutidas em grupo são empregados para esboçar a estrutura atribuída ao futuro modelo físico.

As hipóteses surgem como apostas que se inserem como possibilidades de resolver determinada questão, contudo, em uma base conceitual, de acordo com Carvalho e Gil-Pérez (2011, p. 102):

[...] são as hipóteses que focalizam e orientam a resolução, que indicam os parâmetros a serem considerados (os dados a buscar). E as hipóteses – e a totalidade do corpo de conhecimentos em que se baseiam – permitirão analisar os resultados e todo o processo. Por último, sem hipótese, uma pesquisa não pode ser senão tentativa e erro, deixa de ser uma pesquisa científica.

O momento de formulação de hipóteses revela-se como um dos momentos mais complexos para os licenciandos, pois eles devem elaborar e explicitar estratégias, evitando a simples tentativa e erro, utilizando-se do entendimento de que dispõem e encontrando-se em uma situação a qual não dominam. Diante das hipóteses, os licenciandos optam por parâmetros e propriedades que serão ressaltadas em seu modelo explicativo. Inicia-se então o processo de abstração, porém não é possível discutir ou prever todas as variações de um sistema, tendo em vista que se trata de um modelo conceitual para um contexto real. Para Bunge (1974, p. 16):

Em resumo, para apreender o real começa-se por afastar-se da informação. Depois, se lhe adicionam elementos imaginários (ou antes hipotéticos) mas com uma intenção realista. Constitui-se assim um objeto-modelo mais ou menos esquemático e que, para frutificar deverá ser enxertado sobre uma teoria suscetível de ser confrontada com os fatos.

Com isso, dentro das regularidades observadas, é traçada uma simplificação idealizada, um modelo físico, seja este construído pelo grupo, ou um modelo científico já conhecido, que é modificado para atender aos “recortes” do tema. A construção deste modelo demanda a manipulação de ferramentas que auxiliam o desenvolvimento e a comunicação do modelo, bem como símbolos, diagramas, gráficos e relações, conforme já indicado por Pinheiro, Pietrocola e Pinho-Alves (2001). Com a inserção de tais ferramentas, é possibilitado ao grupo averiguar a validade de suas hipóteses e com a aproximação do modelo simplificado final, surge a possibilidade de generalizações, pois se almeja que a aplicabilidade do modelo atenda a outros contextos.

Outro momento de socialização é previsto na disciplina, como Seminário I – Relatório II, na qual é solicitada ao grupo uma apresentação, ou seja, um esboço completo do modelo simplificado que explica a temática inicial. O grupo de licenciandos explica as etapas que levaram à chegada do modelo simplificado e, novamente, são questionados por seus colegas e professores, sobre o intuito das etapas e sobre a validade do modelo. Tal momento constitui-se como profundo exercício de arguição e como uma oportunidade de entendimento para a importância das etapas pelas quais passaram.

Na continuidade da elaboração do Projeto Temático, o grupo faz modificações que julgam necessárias, resultado de reflexões sobre indicações de seus colegas e professores, e formalizam todo o processo da escrita de uma Unidade de Ensino, indicando os passos tomados para a concretização do Projeto Temático. O intuito inicial do material é servir de consulta aos colegas e professores de Física, para que possam buscar um entendimento aprofundado sobre o tema, por isso, o material é sistematizado com formalismo para nível superior.

Na finalização da disciplina, é feita uma última apresentação de cada grupo, trazendo o Projeto Temático com as modificações feitas e a Unidade de Ensino já escrita e que é a versão a ser entregue ao professor da disciplina.

Para a continuação do Projeto Temático na disciplina seguinte, INSPE C, os mesmos grupos, reunidos diante da mesma temática, são incentivados por seus professores a redirecionar o modelo explicativo, agora de maneira a favorecer o entendimento de estudantes de Ensino Médio. Tendo em vista que o processo conta com uma reformulação do processo de modelização, os momentos de socialização para a construção são reduzidos, ao invés de dois momentos, como na disciplina anterior, passa-se a um.

Desse modo, na retomada do Projeto Temático, são mantidas as questões e as hipóteses já elaboradas anteriormente, o modelo é reavaliado de maneira a atender um público agora de Ensino Médio. Algumas das etapas de modelização se repetem, contudo reavaliadas, com a inserção de novas ferramentas (símbolos, diagramas, gráficos e relações) para a comunicação de modelo explicativo modificado, em seguida, apresentado por meio de atividades didáticas direcionadas aos estudantes de Ensino Médio, atendendo a um minicurso sobre a temática principal.

Ao final de INSPE C, o Projeto Temático construído tem outra perspectiva em sua Unidade de Ensino escrita e entregue ao professor da disciplina. Se antes era dirigida à consulta de seus pares, para um entendimento aprofundado do tema, no momento atual, mostra-se também como possibilidade de consulta para professores de Física, em atividades que podem ser inseridas sem grandes modificações para a sala de aula, com a intenção da construção do entendimento de seus alunos sobre o tema.

Ao voltar-se sobre as etapas do processo de modelização construído pelos licenciandos, percebe-se que não há uma sequência de etapas rígidas a serem seguidas, na forma de receituário. No entanto, a abordagem temática estabelece um exercício de questionamentos, e a especificidade de cada questão sobre a temática demanda a construção de hipóteses. Essa fase se mostra de grande importância, pois os licenciandos revelam suas concepções dentro de argumentos que, para eles, são pertinentes e, portanto, alternativas possíveis de serem construídas. De tal modo, mesmo compartilhando da importância que Hestenes (1987, 1996) ressalta em seus trabalhos sobre modelização para o Ensino de Ciências, o perfil delineado anteriormente se afasta da percepção inicial destacada por ele sobre o processo de modelização:

[...] A modelização começa com uma situação física que queremos entender. Tal compreensão dá origem a análise e avaliação de um modelo para a situação. A situação pode ser apresentada a nós, de qualquer forma, por exemplo, como um experimento de laboratório ou um problema de livro. Seja qual for a situação pode-se descartar algumas informações irrelevantes bem como inserir informações adicionais. Ao examinar a situação, nosso primeiro problema é chegar a um modelo adequado [...]. (HESTENES, 1996, p. 13, tradução nossa).

Conforme Hestenes (1996), a modelização é estabelecida dentro de suas atividades, como: construção, análise e validação de um modelo, tal encaminhamento prioriza o mapeamento de variáveis que serão ressaltadas para um encaixe com um modelo que melhor se adapta à situação enfrentada. Possivelmente, trata-se de uma oportunidade dos estudantes confrontarem modelos e escolherem quais modelos lhe oferecem base para determinada situação.

Contudo, diferentemente de Hestenes, a modelização observada na elaboração de Projetos Temáticos, parte de um desenvolvimento de ideias que irá culminar em um modelo físico, construído por meio de hipóteses, de uma base conceitual e de representações simbólicas para a comunicação e para o entendimento, ou em uma inserção de um modelo já existente, modificado nestes elementos, podendo-se verificar, também, uma possível combinação de modelos ou uma análise de modelos ultrapassados. A relevância dada para a construção de questionamentos e hipóteses aproxima o processo de modelização, oportunizado aos estudantes de INSPE B e C à construção de modelos, observado ao longo do desenvolvimento do conhecimento científico.

Toda tentativa de conhecimento, e não só no plano científico, procede formulando hipóteses, vale dizer conjecturas, sobre os objetos e processos que interessam. Na ciência, ensina Bunge, as hipóteses funcionam como premissas da argumentação (nas disciplinas formais), ou como suposições relativas a determinados fatos (nas ciências factuais). Para que uma suposição acerca de fatos seja científica, deve ser logicamente bem formada, empiricamente contrastável, e compatível com o

conhecimento científico prévio. (CUPANI; PIETROCOLA, 2002, p. 101).

Portanto, aspectos importantes da construção de modelos na ciência são ressaltados, pois, além da contribuição esperada pela compreensão da dinâmica da construção do conhecimento científico, almeja-se que o processo de modelização também favoreça a construção de entendimento dos licenciandos sobre os conceitos.

Tal atividade traz o surgimento de questões que contradizem ou desestabilizam abstrações ou idealizações que, antes, não eram discutidas ou ainda significados restritos sobre os conceitos, causando uma disfunção no contrato didático habitual. Nas atividades didáticas tradicionais, o professor detém o entendimento apropriado sobre determinado conhecimento e o revela com a intencionalidade de que os estudantes o acompanhem em seus passos para uma formulação de resposta adequada, acabando por interferir diretamente no significado estabelecido por seus alunos.

As etapas de elaboração do Projeto Temático constituem uma oportunidade para que o licenciando seja responsável por sua aprendizagem, na qual ao professor é reservada a mediação na construção de questões e hipóteses, na orientação para a validação destas hipóteses e na construção do modelo, mas não interferindo diretamente no significado que é constituído pelos licenciandos, reduzindo, assim, seu poder de involuntariamente limitar o encaminhamento da atividade. Tal autonomia favorece aos licenciandos a exploração das várias possibilidades que suas hipóteses podem apresentar, distanciando de uma atividade automatizada. Certamente não foi possível atender a todos os parâmetros para o entendimento deste processo de conceitualização, pois não foi levada em conta a concepção dos licenciandos sobre o método científico, e como esta concepção poderia interferir no processo de conceitualização. No entanto, as etapas que caracterizam o método científico ressaltaram a importância do envolvimento no processo da aprendizagem, a preocupação não apenas do “o que aprender”, mas a inclusão do “como aprender”. Para Carvalho e Gil-Pérez (2011), quanto ao perfil do licenciando, como futuro professor, procura-se distanciá-lo da concepção de que ensinar é fácil, bastando o entendimento de alguns conhecimentos e a adoção de uma receita adequada.

Outro ponto a ser indicado é que o grupo partilha de uma mesma situação, porém, os componentes do grupo não necessariamente partilham da mesma concepção sobre os conceitos. Tal circunstância

favorece um desnível entre os licenciandos e, com isso, instala-se uma zona de desenvolvimento proximal (não apenas devido à situação elaborada pelo professor), pois a interação com os demais colegas, na intencionalidade de convergir suas ideias para a construção do modelo, faz com que a diferença entre suas concepções promova a instabilidade daquelas já interiorizadas, promovendo, por intermédio das argumentações, uma oportunidade de ampliação ou mudança sobre suas concepções.

Diante dessa conjuntura, e conforme já investigado por Rezende Junior (2006), a construção dos Projetos Temáticos em INSPE B e C constitui-se como uma situação de aprendizagem diferenciada perante a Teoria dos Campos Conceituais;

Um conceito não assume a sua significação numa classe de situações, e uma situação não se analisa com o auxílio de um único conceito. É necessário, pois estabelecer como objetos de investigação conjuntos relativamente amplos de situações e de conceitos, classificando os tipos de relações, as classes de problemas, os esquemas de tratamento, as representações linguísticas e simbólicas, e os conceitos matemáticos que organizam este conjunto. (VERGNAUD, 1996, p. 190).

O processo de conceitualização proposto diante da modelização de uma temática centrada em eventos parte de uma referência real. Por meio de uma aproximação do método científico, que não se limita à repetição de uma sequência aprendida em sala de aula (experiência – observação – lei), mas da necessidade de ampliar o significado aplicado em sala de aula para a generalização em circunstâncias cotidianas.

Segundo Vergnaud (1996), a relação do indivíduo com uma classe específica de situações, por meio de um simbolismo próprio, evoca uma quantidade de esquemas delimitados àquela situação. Ao refletir sobre as situações que se encontram em aulas tradicionais, com simbolismo e formalismo adequado àquela situação específica, entende-se porque se torna tão complexo para os estudantes de qualquer nível de ensino extrapolar seu entendimento para outras situações. São situações idealizadas, nas quais o indivíduo testa a aplicabilidade de conceitos científicos na resolução de exercícios. Entretanto, a elaboração de Projetos Temáticos, como já referenciado em pesquisa de Rezende Junior (2006), configura-se como uma situação de aprendizagem diferenciada, pois oportuniza o processo de conceitualização na

construção de uma modelização, “tarefa” com a qual o licenciando não havia se deparado, além de partir de uma temática centrada em um fenômeno natural ou um aparato tecnológico. Tal situação evoca esquemas que são construídos de maneira a atender a este tipo de situação, associando simbolismo e formalismo adequados, possibilitando assim um novo significado. Este novo significado ou resignificação a qual se apresenta é pontuada em uma ampliação de significado atribuído aos conceitos científicos já vistos, contudo associados inicialmente em situações que eram muito bem delimitadas.

Reconhece-se também, no processo de modelização, os ingredientes destacados por Vergnaud na mobilização de esquemas para a compreensão da nova situação, (contudo, defende-se aqui a impossibilidade de identificar ou inferir esquemas, pois se configuram como a parte implícita da base conceitual do indivíduo). Com isso, no delineamento de questões e hipóteses e na formulação de sua validação, o licenciando traça seus objetivos e suas antecipações, que são as previsões para a construção do modelo adequado, das regras de ação e dos invariantes operatórios, ou seja, sua base conceitual implícita que será mobilizada ao longo da modelização. Apesar disso, não é possível retratar como o modelo é feito, ou quantas etapas são empregadas, ou mesmo seus conceitos e teoremas em ação, pois são mobilizados implicitamente nos esquemas, apenas reconhece-se os conceitos, as representações simbólicas e as abstrações explícitos no modelo.

No processo de conceitualização identificado ao longo da modelização, conta-se com a inserção de representações simbólicas (gráficos, símbolos e relações matemáticas), com o intuito inicial de validar as hipóteses ou avaliar os modelos físicos, pois o uso das equações matemáticas em busca de dados quantitativos mostra-se como uma conexão com a realidade, ao aferir a coerência do modelo físico adotado. Com isso, as representações simbólicas da elaboração do Projeto Temático não se apresentaram apenas como uma forma de comunicação do modelo, mas sim como parte da orientação para o processo de conceitualização.

Conforme Vergnaud, o processo de conceitualização aproxima-se da aprendizagem significativa, quando se considera o conjunto de três elementos destacados por ele (já discutidos no capítulo anterior), ao analisar a conceitualização de estruturas aditivas e multiplicativas. Entretanto, ao se tratar de conceitos científicos inseridos no Ensino de Física, Rezende Junior (2006) faz algumas adequações de maneira a atender a tal natureza diferenciada. Ao compreender que a TCC de Vergnaud é estabelecida inicialmente para o campo conceitual de

estruturas aditivas e multiplicativas, Rezende Junior estabelece as considerações elencadas a seguir sobre cada conjunto na tentativa de adequá-las às especificidades do Ensino de Física. Tal preocupação em atender às especificidades para o Ensino de Ciências também é indicado por Moreira (2002).

[S]: conjunto de situações (problemas, questões, fenômenos que necessitam explicação e cujo enfrentamento exige a utilização ou criação de um ou mais conceitos, trazendo a tona o seu significado e ou sua aplicabilidade.).

[I]: o invariante, o esquema de articulação dos conceitos, 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 tratados com [S].

[R]: formalização ou representação simbólica. Conjunto das formas. É importante notar que, na Física, a linguagem matemática e gráfica é parte constitutiva da organização conceitual, sendo difícil desvinculá-la da noção de invariante (REZENDE JUNIOR, 2006, p. 139).

Defende-se, então, que a elaboração dos Projetos Temáticos constitui-se como situação de aprendizagem diferenciada já mapeada em pesquisa anterior. Por intermédio do processo de modelização, orientado para aproximação do método científico, com a construção de questionamentos e hipóteses, culminando na arguição do modelo físico adotado, estabelece-se uma dialética entre [S] e [I, R], desestabilizando os esquemas já consolidados, resultando na oportunidade de ampliá-los para o enfrentamento de situações similares, como a explicação de outros fenômenos naturais e eventos tecnológicos. Diante dessa percepção, conforme Vergnaud (1996), ao se envolver com todas as etapas de elaboração do Projeto Temático, o estudante promove a integração da tríade de conjuntos para a construção de uma aprendizagem significativa.

Ao final de cada processo de modelização, seja na elaboração do primeiro Projeto Temático, seja na sua reformulação para atender ao público de Ensino Médio, no minicurso sobre a Temática inicial, o grupo de licenciandos descreve todas as etapas desenvolvidas em uma

Unidade de Ensino. Nela, pode-se dizer se há indicações de maneira reflexiva, sobre a possibilidade de resignificação conceitual e como as etapas resultaram em um modelo explicativo final.

Portanto, na transposição didática, pode-se revelar se a aproximação com o método científico foi de tal maneira perturbador, que culmina em uma possibilidade de ampliação de significado dos conceitos envolvidos, ou se o significado trazido pelo ensino tradicional, tão comum em sua formação, mostrou-se predominantemente presente e de certa forma bloqueia qualquer possibilidade de resignificação conceitual. Parte-se do pressuposto que, ao longo da transposição didática construída pelos licenciandos, seja possível mapear elementos que contribuem para a integração da tríade, resultando na ampliação de significado. Tendo em vista que todos os grupos partilham do mesmo ponto inicial, que se trata da discussão de um tema centrado em um fenômeno natural ou evento tecnológico, verificam-se, então, ao longo de um processo de modelização, os elementos que indicam a resignificação conceitual, que são mapeados dentro das Unidades de Ensino entregues ao professor da disciplina e que são elencadas no próximo capítulo.

2.3. CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

No próximo capítulo, são apresentados os resultados da tentativa de mapeamento da possibilidade de resignificação conceitual a partir de indicativos (denominados como etapas), com base em uma leitura sobre a dinâmica estabelecida diante do processo de modelização na elaboração de Projetos Temáticos, fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais. Assim, buscou-se encontrar tais indicativos no produto da transposição didática feita pelos licenciandos, que são os Projetos Temáticos por meio de suas Unidades de Ensino em INSPE B e C, entregues aos professores no final das disciplinas, pois, parte-se da ideia de que, ao encontrar tais indicativos nas Unidades de Ensino, pode-se dizer que os licenciandos compartilham da possibilidade de uma resignificação conceitual.

Contudo, por se tratar de Projetos Temáticos elaborados em grupos, compreende-se a necessidade de verificar qual é o resultado do encaminhamento dado ao processo de elaboração, sobre a abordagem dedicada aos conceitos de maneira individual. Isto é, a Unidade de Ensino pode apresentar a visão de poucos componentes do grupo, enquanto outros não compartilharam seus pontos de vista ou não

estavam completamente envolvidos no processo de elaboração, ocultando uma possível dependência entre os colegas, em função do entendimento de um ou mais componentes.

É necessário pontuar que, quando se fala em Projeto Temático, considera-se todo seu processo de elaboração, desde o início da modelização em INSPE B e sua Unidade de Ensino escrita, para atender ao compartilhamento sobre o entendimento do fenômeno inicial, com seus pares, futuros professores de Física, até a reconstrução ou mesmo a modificação na modelização adotada, já em INSPE C, em atividades para o entendimento do fenômeno natural ou aparato tecnológico por estudantes de Ensino Médio, e sua finalização com o material escrito.

Nessa perspectiva, a pesquisa realizada enquadra-se como qualitativa, pois se almeja uma compreensão sobre o encaminhamento do processo de elaboração do Projeto Temático, propósito do acompanhamento das disciplinas de INSPE B e C, ao invés de dados quantitativos para interpretação de tal processo. Para Lüdke e André (1986):

A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. [...] Os dados coletados são predominantemente descritivos. [...] A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto. [...] O “significado” que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador. [...] A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo (p. 11 – 13).

Tal aproximação com o ambiente da pesquisa, e a relevância do significado que os indivíduos pesquisados atribuem ao processo em que se encontram, distancia a pesquisa de uma forma rígida (isto é, num delineamento que não possibilita mudanças do projeto inicial), criando abertura para a inserção ou reavaliação da extensão de algum instrumento. Como indicado por Alves-Mazzotti e Gewandszajder (1998), as pesquisas qualitativas apresentam diferenças quanto ao nível de estruturação preestabelecido:

[...] enquanto os pós-positivistas trabalham com projetos bem detalhados, os construtivistas sociais defendem um mínimo de estruturação prévia, considerando que o foco da pesquisa, bem como

as categorias teóricas e o próprio design só deverão ser definidos no decorrer do processo de investigação. (p. 147).

Para tanto, tem-se duas etapas de coleta de dados:

Para a primeira coleta de dados, partiu-se do seguinte pressuposto: devido à dinâmica apresentada para a elaboração de Projetos Temáticos, verifica-se o processo de modelização, a associação a um Tema e a mediação de seus professores e colegas ao longo do processo. Tal configuração de uma situação diferenciada para o processo de conceitualização pode favorecer a resignificação conceitual dos licenciandos envolvidos. Para tanto, deve-se investigar, por intermédio de uma leitura, a busca de elementos na construção de Projetos Temáticos que possibilitem a identificação de uma possível resignificação conceitual. Dessa forma, uma das coletas de dados consiste na busca pelas Unidades de Ensino entregues aos professores das disciplinas de INSPE B e C, pois se espera encontrar no material escrito uma descrição de quais elementos se mostraram relevantes para a construção de seu Projeto Temático a ponto de relatá-los a um futuro leitor.

Já para a segunda coleta de dados, partiu-se do seguinte pressuposto: ao considerar que os licenciandos tenham participado de tal situação diferenciada, à qual se verificou a possibilidade de ampliação de significado ou resignificação conceitual pelos componentes do grupo, parte-se, então, para a seguinte questão: que tipo de evolução expressaria um indivíduo, quando questionado sobre alguns conceitos físicos envolvidos em sua pesquisa, em relação ao seu colega que não teve sua pesquisa relacionada aos mesmos conceitos físicos? Esperava-se que, por ter construído uma reflexão em seu Projeto Temático que extrapole a satisfação em respostas conduzidas por definições e relações matemáticas, o licenciando construísse uma argumentação com base em outros conceitos e suas relações, justificando as abstrações e idealizações necessárias, indicadas na introdução deste trabalho, conduta que pode ser levada ao seu futuro perfil profissional.

Logo, para a segunda coleta de dados, foram utilizados outros instrumentos de pesquisa, como questionários e entrevistas com perguntas relacionadas a alguns conceitos físicos do campo conceitual de Ondulatória. Os questionários foram distribuídos em INSPE B, para todos os licenciandos, independentemente se seu tema abordado no

Projeto possuía relação com o campo conceitual de Ondulatória, retornando 24 questionários. Ao final de INSPE C, novamente foram distribuídos os mesmos questionários, com o intuito de verificar qualquer evolução quanto às suas argumentações, retornando 26 questionários. Ao final, contrastaram-se as argumentações entre aqueles que possuíam seu tema relacionado com os conceitos físicos de Ondulatória e aqueles que não tiveram contato com essa área, com o intuito de verificar quais eram as possíveis variações.

A opção por questionários como instrumento de pesquisa ocorreu devido à sua praticidade e receptividade, portanto, pelo fato de terem sido distribuídos em aula e pelo fato dos licenciandos terem disponibilizado da mesma aula para responder as questões, houve um retorno integral dos questionários. Isso facilitou a coleta de dados, mesmo de licenciandos pouco participativos ou introvertidos. Já a opção por questões de natureza aberta apresentou-se devido à maior possibilidade do licenciando em explicar detalhadamente os aspectos que considera relevantes sobre a questão apresentada.

Entretanto, ao final da segunda coleta de dados, percebeu-se que alguns licenciandos mostraram-se confusos em suas respostas, criando aberturas para uma dupla interpretação, e/ou deixando algumas perguntas em branco, inviabilizando qualquer parecer sobre sua argumentação quanto aos conceitos físicos. A solução encontrada foi dar continuidade à pesquisa utilizando outro instrumento, a entrevista, o que favoreceu uma retomada às questões não esclarecidas. Utilizando as próprias respostas dos licenciandos, pôde-se aprofundar ainda mais os dados encontrados. O roteiro para a entrevista semiestruturada foi o mesmo questionário utilizado anteriormente, contudo, como indicado por Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (1998), aproximando-se da interação de uma conversa, no intuito de esclarecer dúvidas. As entrevistas foram agendadas conforme a disponibilidade dos licenciandos, num total de nove entrevistas ao longo de três semanas. Devido à dificuldade em anotar todos os pormenores da entrevista desde seu comportamento, como as falas do licenciando, optou-se em gravá-las e a duração das gravações variou entre 22 a 58 minutos. Segundo Lüdke e André, “[...] há toda uma gama de gestos, expressões, entonações, sinais não verbais, hesitações, alterações de ritmo, enfim, toda uma comunicação não verbal cuja captação é muito importante para a compreensão e a validação do que foi efetivamente dito.” (1986, p. 36).

Diante de tal delineamento, verifica-se que a pesquisa qualitativa segue a abordagem de um Estudo de Caso, como afirmam Lüdke e André (1986):

[...] o caso se destaca por se constituir numa unidade dentro de um sistema mais amplo. O interesse, portanto, incide naquilo que ele tem de único, de particular, mesmo que posteriormente venham a ficar evidentes certas semelhanças com outros casos ou situações. (p. 17).

O processo de elaboração do PT configura o caso e apresenta, como sua particularidade, um afastamento dos moldes tradicionais para o processo de conceitualização, no contexto de um sistema que é a formação do professor. Como indicado na citação, provavelmente o licenciando depara-se com afastamentos do molde tradicional ao se envolver com outras atividades, como em uma iniciação científica, no entanto, a conjuntura proporcionada pela disciplina mostra-se como uma especialidade do caso.

Portanto, segundo André (2005), utiliza-se o Estudo de Caso perante um interesse em particular, no qual se pretende compreender profundamente essa instância particular em sua complexidade e totalidade, retratando o dinamismo de uma situação, em uma forma muito próxima de seu desenvolvimento natural.

CAPÍTULO III – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

Para apresentação e análise dos dados obtidos ao longo da pesquisa, verifica-se a necessidade de desmembrá-las em duas etapas, ao considerar os pressupostos indicados na seção anterior, que fundamentava as duas fases de coleta de dados.

Com isso, a primeira etapa de apresentação e análise dos dados obtidos conta com a leitura das Unidades de Ensino com base nos elementos que subsidiam a possibilidade de resignificação conceitual.

Enquanto que a segunda etapa de análise foi feita sobre os dados coletados com base em questionários e entrevistas, fundamentada em categorias empíricas construídas ao longo da análise do material bruto, possibilidade encontrada na Análise de Conteúdo de Laurence Bardin.

3.1 LEITURA SOBRE OS ELEMENTOS QUE SUBSIDIAM A POSSIBILIDADE DE RESIGNIFICAÇÃO CONCEITUAL NOS PROJETOS TEMÁTICOS CONSTRUÍDOS NO CAMPO CONCEITUAL DE ONDULATÓRIA

Dentro da dinâmica que se estabelece na elaboração de Projetos Temáticos, são verificados elementos que oferecem subsídios à possibilidade de resignificação conceitual, como a elaboração de questões que remetem à pesquisa de várias referências bibliográficas para o recorte do tema trazido pelos professores, retratando determinada ênfase sobre o fenômeno. Posteriormente, no estabelecimento de hipóteses e idealizações, são ressaltados parâmetros e propriedades do fenômeno que delineiam as limitações das hipóteses construídas, simplificando e restringindo as inúmeras variáveis as quais podem ser tratadas em um fenômeno. E, com base nas simplificações feitas, construir um modelo que se adéqua à descrição, na explicação e no entendimento do fenômeno, bem como buscar de relações conceituais por meio de suas representações e expressões matemáticas que oferecem caráter preditivo e descritivo ao modelo.

Essa reflexão, pretendida nas etapas necessárias para a construção da modelização, não tem seu término no saber fazer, observa-se sua continuidade na transposição didática feita para a Unidade de Ensino, em que se insere o saber explicar na parte escrita do processo. Logo, espera-se encontrar as etapas elencadas a seguir tanto em INSPE B, na transposição didática construída para atender ao Ensino Superior, como,

ao reconhecer sua importância, o licenciando insira as mesmas etapas na transposição didática para o Ensino Médio. As etapas que são descritas a seguir são construídas com base nos elementos citados anteriormente e identificados no exemplar trazido pelo professor sobre como se daria o encaminhamento pretendido para a elaboração do Projeto Temático.

1. O surgimento de ideias por meio da abordagem Temática, favorecendo a elaboração de questões e hipóteses que fundamentam a modelização conceitualmente;

Na pesquisa de Machado (2009), manifesta-se a preocupação com o tratamento dado ao tema, que tem como objetivo apresentar-se como fonte de questões sobre o “objeto de conhecimento” (MACHADO, 2009, p. 120), identificando os conceitos que poderiam inserir no Projeto Temático e o modo que isso seria feito. Entende-se que o tema faça parte da contextualização do conhecimento envolvido, e não restringindo a uma ilustração ou exemplificação.

2. A análise das limitações que são adotadas, justificando as abstrações e idealizações que são consideradas no modelo.

Esta etapa talvez se mostre como a mais complexa, pois o licenciando, ao analisar as questões e hipóteses traçadas para seu projeto, verifica que seu entendimento sobre os conceitos físicos é limitado para responder determinada temática, como também seu futuro modelo é limitado ao ser confrontado com a realidade, pois se torna impossível considerar todos os parâmetros. Além disso, diferentemente das situações já abstraídas e idealizadas com as quais teve contato em sua formação, nesta etapa, o licenciando tem oportunidade de partir de situações, abstrai-las e idealizá-las julgando as incoerências de seu modelo (MACHADO, 2009).

3. A determinação das relações existentes entre os conceitos ao delinear o modelo físico.

Na leitura da transposição didática, espera-se visualizar a inserção dos conceitos científicos e das relações entre eles, julgados pertinentes pelos licenciandos, oferecendo uma coerência na construção do modelo físico. Certamente, como já indicado anteriormente, a exposição de tais relações conceituais não traz o real panorama das reflexões feitas pelos licenciandos. Contudo, oferece a base para o aprofundamento do entendimento do tema, podendo, com isso, limitar-se às relações que constituem um campo conceitual ou extrapolar uma relação com mais campos conceituais.

4. A expressão de tais relações usando equações ou representações que dão ao modelo um valor preditivo.

Com o intuito de entender e descrever o fenômeno natural ou evento tecnológico em questão, o uso de representações simbólicas possibilitam comunicar e validar o modelo, formalizando e aproximando com a realidade.

A importância de tais etapas para a possibilidade de resignificação conceitual revela-se ao demandar do licenciando uma reflexão sobre sua concretização, distanciando-se do operativismo mecânico das resoluções de problemas habituais. Porém, para Carvalho e Gil-Pérez (2011, p. 92):

A falta de reflexão qualitativa prévia ou, dito de outro modo, o operativismo mecânico com que em geral, se abordam os problemas, inclusive pelos próprios professores. Convém recordar a este respeito as palavras de Einstein: “Nenhum cientista pensa com fórmulas. Antes que o cientista comece a calcular, deve ser em seu cérebro o desenvolvimento de seus raciocínios. Estes últimos, na maioria dos casos, podem ser expostos com palavras simples. Os cálculos e as fórmulas constituem o passo seguinte”. Entretanto, insistimos, a Didática habitual de resolução de problemas costuma impulsionar a um operativismo abstrato, carente de significado, que pouco pode contribuir a uma aprendizagem significativa.

A opção pelo campo conceitual de Ondulatória deve-se principalmente à possibilidade de encontrar, por meio das reflexões em suas relações, uma continuidade para inserção de conceitos de Física Moderna. No entanto, pesquisas como de Brockington e Pietrocola (2005) e Rezende Junior (2006), indicam inúmeras dificuldades ao inserir tais conceitos em atividades no Ensino Tradicional, negligenciando sua complexidade.

Tendo feito uma breve explanação sobre os critérios utilizados, vamos, então, fazer uma leitura dos quatro projetos temáticos relacionados ao campo conceitual citado.

1. Título do Projeto Temático: Ressonância e Instrumentos Musicais: o violão como um sistema físico.

Tema entregue pelo professor da disciplina: Ressonância e Instrumentos Musicais. Como se pode verificar no anexo I (Plano de Ensino e Cronograma 2010/2).

Projeto Temático elaborado em INSPE B: 2010/2

Considerações iniciais:

Na parte inicial do material escrito – Unidade de Ensino – entregue ao professor, o grupo faz um pequeno relato, justificando a escolha do instrumento musical, o violão, para a construção de seu modelo explicativo.

Por ser acessível a todas as classes sociais e estar inserido no dia a dia dos estudantes brasileiros. Nas escolas, tanto particulares como públicas, já há a inserção da disciplina de música como matéria optativa no contra turno; com isso torna-se interessante a abordagem da física do violão e a produção de materiais didáticos com esse conteúdo, uma vez que demonstrações que fazem uso do violão em sala podem ser facilmente planejadas. (Ressonância e Instrumentos Musicais – INSPE B).

É interessante notar que a princípio o grupo revela que seu interesse pelo violão mostra-se como instrumento de uma possível atividade didática, e não uma oportunidade direcionada ao grupo para uma conceitualização. Sua visão inicial é a de que a disciplina Instrumentação para Ensino de Física B trata-se de um aprender a ensinar, e não uma possibilidade de aprender a aprender. Quanto à falta de contato com o processo de modelização ao longo de sua formação, um licenciando revela em entrevista, na sua percepção sobre o processo no qual esteve inserido, dois aspectos importantes:

Foi um processo extenso, mas foi um processo tão... de tantos vais e voltas, de tantas. Assim, você só faz a coisa de uma maneira ordenada, quando você já sabe fazer a coisa [referindo-se ao processo de modelização]. Como a gente não sabia fazer a coisa, quando a gente começou a fazer, a gente começou de uma maneira

completamente desordenada, completamente pulando alguns passos botando a carroça na frente dos bois, às vezes, no fim [...], a gente tava andando pra frente, mas se você olhasse de perto, a gente era tipo as partículas de onda sonora, indo de um lado pro outro. Mas o projeto tava andando pra frente. (Entrevista licenciando 05).

Tal falta de familiaridade revela, por um lado, a modelização como uma situação diferente da usual, com isso, uma possível situação diferenciada para um processo de conceitualização. Por outro lado, para o licenciando, configura-se como uma situação desconfortável, pois não tem domínio de uma ordem a seguir, tão comum no Ensino Tradicional.

Considerações sobre as etapas delineadas:

Nos passos descritos na Unidade de Ensino entregue ao professor da disciplina, são listadas as questões que evidenciam a opção pelo violão e que também serviram para nortear o processo de modelização. Por exemplo: o que compõe um violão? Se as cordas estivessem soltas em uma extremidade, elas produziram som? O que irá produzir o som no violão? Se o violão não tivesse “buraco”, o que aconteceria? Essas questões revelaram a redução do tema em um recorte a ser trabalhado ao longo da modelização: explicar a produção do som no violão, esclarecendo sobre a trajetória das oscilações por meio do corpo do instrumento.

A **primeira etapa** almejada para a construção do modelo explicativo mostra-se contemplada, pois os licenciandos não apenas estão envolvidos na construção das questões, como também indicam o surgimento de hipóteses, em que tal encaminhamento já traz um delineamento para a pesquisa.

Com base nesse recorte, o grupo iniciou seu processo de modelização com uma série de considerações a serem feitas sobre o violão, desde as cordas até a forma do corpo que compõe o instrumento. As considerações feitas ajudaram o grupo a criar simplificações para a construção de seu modelo explicativo, tais como: “Um violão possui seis cordas, cada uma com uma densidade diferente. Para analisar o violão como sistema físico, podemos nos dar o luxo de analisar somente uma delas, desprezando a existência das demais.” (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MÚSICAIS – INSPE B). Ao estabelecer tal simplificação, o grupo avalia as abstrações que podem ser inseridas para entender o movimento dessa corda, e qual o tratamento teórico adotado,

ao considerar que sua vibração se dá em um plano ao invés de considerar o espaço. E, assim, ao recortar e delinear as abstrações para a construção do modelo inserem-se conceitos físicos para explicar e fundamentar suas considerações.

Com isso, a **segunda etapa** prevista para a construção da modelização também é contemplada, pois, além de adotar as abstrações e idealizações que são consideradas no modelo, a equipe justifica tais inserções ao explicar as limitações que são adotadas, como no trecho a seguir:

Assim, fica evidente a importância da ponte nas características físicas gerais do violão, sua função é fazer com que a onda harmônica da corda exerça uma força periódica e perpendicular ao corpo do violão, fazendo com que ele vibre. Este processo pode ser imaginado como dois sistemas massa-mola, ou como um sistema massa-mola submetido a uma força externa. Inicialmente, o bloco está em repouso, quando uma força externa periódica passa a atuar sobre ele, forçando-o a oscilar. (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MÚSICAIS – INSPE B).

Ou ainda, como no trecho seguinte, no qual o grupo delinea a importância do ar como meio de propagação das ondas geradas pelo instrumento e a relevância em considerar suas propriedades.

É importante lembrar que, como o objetivo deste projeto é explicar a produção do som pelo violão, este deve estar inserido em um meio, ou fluido (no caso, o ar), caso contrário não haveria som. É de fundamental importância comentarmos sobre o ar, apesar de não ser o nosso foco. As características finais do som percebido pelo ouvido humano dependem fundamentalmente das propriedades do meio no qual ele se propaga. Alterando-se qualquer variável física do meio, alteramos as características do som [...]. (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MÚSICAIS – INSPE B).

Com o intuito de explicar as relações entre o que acontece e como acontece, os licenciandos apostam na inserção de representações, sejam elas gráficas ou equações sobre a tração na corda, de maneira a

predizer uma conexão entre o que se poderia verificar nos modos de vibração. Da mesma maneira, de forma independente das cordas, estabeleceu-se um delineamento sobre o corpo do violão.

Partindo para uma análise quantitativa do violão, vamos utilizar dois modelos para tentar entendê-lo. Primeiramente vamos descrever a caixa acústica como um Ressonador de Helmholtz, possuindo somente uma frequência natural de oscilação. Depois, descreveremos o tampo superior como uma placa vibrando, e estudaremos os modos normais de vibração associados a ela. Por último, deveremos fazer um acoplamento de ambos os sistemas se quisermos obter todo o espectro de frequências que uma caixa acústica de violão é capaz de ressoar. (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MÚSICAIS – INSPE B).

Como indicado pelo grupo, foram necessárias quatro análises independentes para a compreensão do violão como um sistema físico, traçando um “mapa” do percurso das vibrações produzidas pelo instrumento: a corda vibrando, a cavidade ressonante, a placa vibrando e a ressonância em uma partícula de massa m .

Contemplando a **terceira etapa**, os estudantes revelaram as relações existentes entre os conceitos e ao delinear o modelo que seria o violão como sistema físico. Devido às relações instituídas, os licenciandos possibilitaram uma abertura do caráter preditivo esperado para o modelo, sendo possível confrontar os dados obtidos com outros já verificados e contemplando, assim, a **quarta etapa** esperada para o processo de modelização.

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{VL}}$$

Devemos agora utilizar valores numéricos para constatarmos a validade desta expressão. Para tanto, vamos utilizar um violão comum como molde e calcularmos a frequência de sua cavidade. O violão utilizado é da marca Takamine modelo EG124C (figura 9). Suas dimensões foram medidas manualmente, e a velocidade do som no ar utilizada é de **340 m/s**. (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MÚSICAIS – INSPE B).

E com o caráter preditivo apresentado anteriormente, o grupo vinculou a verificação do outros modelos que apareciam interligados:

Para testarmos a validade deste resultado, precisamos medir a resposta acústica da cavidade do violão. Como podemos perceber, a cavidade do violão só ressoa numa única frequência característica, o que não é verdade. Não precisamos elucubrar muito para percebermos que durante a execução de uma canção, não estamos ouvindo somente uma frequência da corda entrando em ressonância com a cavidade. Esta cavidade deve ressoar muito mais do que apenas uma frequência. Este modelo descrito seria um pouco mais exato caso as paredes do violão fossem rígidas. (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MUSICAIS – INSPE B).

Conforme o produto da transposição didática entregue ao professor, o grupo manteve-se coerente em sua sequência no intuito de explicar e descrever seu recorte inicial. A Unidade de Ensino do grupo apresenta uma justificativa conceitual das abstrações e idealizações empregadas, e tal encaminhamento refletiu sobre as possíveis variáveis a serem consideradas para um modelo preditivo de um violão de uma corda por meio de uma expressão matemática, diante da ênfase que continuou sendo um aprofundamento sobre o entendimento do fenômeno. E, com isso, todas as etapas que haviam sido elencadas foram contempladas.

Passe-se, então, para uma leitura sobre a transposição didática sofrida pelos Projetos Temáticos de maneira a atender um público de Ensino Médio.

Projeto Temático elaborado em INSPE C: 2011/1

Já na disciplina de INSPE C, permaneceram as questões que norteavam a modelização na disciplina anterior, da mesma maneira como o modelo explicativo adotado para o violão manteve-se, contemplando a **primeira etapa** almejada para a modelização. A modificação visível foi constatada diante de uma redução quanto à discussão de modelos teóricos por meio de formalismo matemático.

Contudo, verifica-se a inserção de atividades experimentais que corroboram os modelos inseridos:

Demonstração 1: prendendo com os dedos a corda a ser tocada, variamos seu comprimento e a frequência produzida. Movendo o dedo, alteramos ainda mais a frequência produzida, de tal forma que ela se aproxime da frequência da corda com o papel. Notaremos que o papel começará a vibrar quando esta frequência for igual à frequência de ressonância da corda com o papel. Dessa forma, podemos afinar o violão!

Demonstração 2: o professor, assoprando o gargalo de uma garrafa com água, ouvirá uma única frequência sendo produzida (assoprar = excitar o sistema; garrafa com água = cavidade ressonante; frequência associada ao modo normal de vibração). O professor deve variar o volume de água e deixar os alunos deduzirem a dependência da frequência com o volume de ar. Os slides funcionam como guia. (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MUSICAIS – INSPE C).

Perspectiva que também pode ser verificada na fala de um dos integrantes do grupo, em entrevista:

Transformar a matemática em alguma indução experimental, alguma coisa assim, chegar nos resultados que tínhamos chegado pela matemática de alguma outra maneira. Mas teve modelos que foram carregados completamente de INSPE B para INSPE C, por exemplo, porque o tempo superior do violão vibra. (Entrevista licenciando_05).

Na **segunda etapa**, que visa ao reconhecimento das limitações adotadas ao descrever o fenômeno e à justificativa em adotar abstrações e idealizações, estas também foram carregadas de forma integral do processo de modelização de INSPE B para INSPE C e foram também averiguadas de forma integral na escrita da Unidade de Ensino para INSPE C.

Iremos estudar a vibração da corda como se ela acontecesse em um plano, e não no espaço, como

realmente acontece; A corda será considerada como uma linha, desprovida de volume, e com densidade apenas linear; Iremos considerar que, quando uma tensão é aplicada na corda, a variação no seu comprimento é desprezível, o que faz sentido para pequenas tensões aplicadas [...]. (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MUSICAIS – INSPE C).

Por meio da leitura feita sobre a Unidade de Ensino, fruto da transposição didática construída pelo grupo de licenciandos, pode-se constatar uma redução no formalismo matemático, como evidenciado na fala do licenciando em entrevista. Por outro lado, verifica-se também a inserção de atividades experimentais de duas naturezas. A grande parte das atividades experimentais apresenta-se na tentativa de verificar determinado comportamento, auxiliando na construção do modelo, como destacado no trecho a seguir:

Usar uma mola para simular a interface entre a corda e a ponte, para isso, um dos integrantes do grupo deve segurar a mola, e o outro deve produzir pulsos nesta. Será observado que a mão do integrante que estará segurando a mola tenderá a continuar o movimento da onda. (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MUSICAIS – INSPE C).

A outra parte das atividades experimentais é apresentada com o intuito de corroborar as aproximações feitas por meio das relações matemáticas:

Levar um baixo para a aula, para mostrar que a corda vibra menos nele, e ele produz um som mais grave. Quanto mais rápido a corda vibra, maior a frequência, e mais aguda a nota. Fica assim estabelecida uma relação entre frequência e nota musical. Introduzir uma nova pergunta: Porque os trastes são mais juntos perto da caixa do que no começo do braço? A resposta desta pergunta está na dependência da frequência de uma onda com o comprimento da corda. Plotar o gráfico de $y = 1/x$ e discuti-lo. (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MUSICAIS – INSPE C).

A presença da **etapa três** pode ser observada na citação anterior, onde a determinação das relações existentes entre os conceitos como a frequência da onda e o comprimento da corda, delineiam o modelo que é descrito posteriormente.

É possível perceber também, no relato do grupo, que a equação que assumia o caráter preditivo ao final da Unidade de Ensino de INSPE B, como já indicado anteriormente, é apresentada na Unidade de Ensino de INSPE C. Entretanto, outras equações também assumem um caráter preditivo.

Seguindo o raciocínio da aula 3, associamos nota musical com a frequência da onda, a frequência de uma onda em uma corda presa é dada pela seguinte equação:

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Para uma mesma corda, a tensão e a densidade são constantes, assim, a frequência varia com o inverso do comprimento, o que explica a variação no comprimento dos trastes. (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MUSICAIS – INSPE C).

Contudo, o grupo opta por uma finalização por meio de uma atividade experimental, demonstrando o mesmo objetivo quanto à predição já estabelecida pela expressão matemática exemplificada, como indicado para a **etapa quatro**, solicitando que os estudantes visitantes participem da atividade ao construir um instrumento de corda.

Explicar que se deve escolher apenas uma das caixas, e qual corda e quantas de cada uma serão utilizadas fica a critério do grupo. Exemplo: pode se utilizar apenas um tipo de corda para o instrumento todo, o objetivo é produção de 4 notas diferentes com uma qualidade boa. (RESSONÂNCIA E INSTRUMENTOS MUSICAIS – INSPE C).

Assim, mesmo com algumas modificações, manteve-se a configuração anterior do modelo, isto é, o violão como um sistema físico, estabelecido em INSPE B. Porém, na modelização para INSPE B, houve o delineamento inicial para o entendimento das abstrações e

idealizações e, em consequência, o estabelecimento de equações que se incorporam no modelo preditivo. Em INSPE C, estas abstrações e idealizações já se apresentam construídas. Na segunda etapa do trabalho INSPE C, as atividades experimentais aproximaram-se do mesmo objetivo ao validar o modelo preditivo.

Como indicado na transposição didática encontrada na Unidade de Ensino entregue ao professor da disciplina, as quatro etapas para a possibilidade de resignificação conceitual apresentam-se tanto em INSPE B quanto em INSPE C. Logo, é importante frisar que, aparentemente, os licenciandos que partilharam do processo de conceitualização proporcionado pela elaboração dos Projetos Temáticos reúnem as etapas que subsidiam a possibilidade de resignificação conceitual. Entretanto, deve-se lembrar que, a princípio, o trabalho reflete o grupo, não se podendo analisar o processo individualmente, e, para tanto, busca-se em outro instrumento de pesquisa como o questionário para tal função.

Os licenciandos associados à temática de Ressonância e Instrumentos Musicais não apenas se beneficiaram da possibilidade de aprender a aprender, como estenderam seu modelo explicativo por meio de um aprender a ensinar.

2. Título do Projeto Temático: Ultrassom e imagem.

Tema entregue pelo professor da disciplina: Ultrassom e imagem.

Projeto Temático elaborado em INSPE B: 2010/2

Considerações iniciais:

O grupo inicia a Unidade de Ensino com uma contextualização histórica sobre o uso do Ultrassom. Na Unidade de Ensino entregue ao professor, observa-se a dificuldade em começar o processo de modelização, pois faltam questões que norteiam o desenvolvimento de hipóteses para a construção do modelo explicativo. É muito presente a conduta de tentar explicar o funcionamento do equipamento com a inserção direta de conceitos físicos, de maneira tradicional.

Considerações sobre as etapas delineadas:

O grupo inseriu conceitos que lhe pareciam pertinentes, sem uma sequência que ao final despontasse num modelo explicativo para o fenômeno, dificuldade que pode ser mapeada na fala de um dos integrantes do grupo em entrevista. É importante pontuar que a

entrevista foi feita com um licenciando de cada grupo, logo, verifica-se a fala apenas do licenciando_14 para este grupo:

Em Inspe B a gente apresentou um trabalho, como sendo dos conceitos pra um ensino superior, [referindo-se ao formalismo adotado], então a gente procurou aprofundar os conceitos envolvidos, falou-se brevemente sobre a interação da onda com a matéria, a reflexão e a refração, coisas assim, super importantes. O como funcionava o efeito piezoelétrico, a gente falou também, tentando assim mais a fundo, sobre a atenuação, que entra naquele de interação [voltando a falar sobre a interação das ondas com a matéria] gerando bastante confusão, porque as gurias não tavam conseguindo entender nem eu. Assim, e só depois em INSPE C é que a gente começou a entender direito. Eu acho que em INSPE B faltou perguntas, sabe, pra gente responder. (Entrevista licenciando 14).

Tal colocação apresentada na parte sublinhada mostra a dificuldade do licenciando em aprender a fazer perguntas, enfatizando a necessidade de uma ordem para a inserção de conceitos físicos que estariam presentes para a explicação da formação da imagem. Ao não aprofundarem sua pesquisa, os estudantes restringem, com isso, a mediação do professor, pois as questões, além de direcionarem a pesquisa, também indicam onde e quais são as dificuldades encontradas.

Outro fator verificado, ao longo da tentativa de explicar o funcionamento do aparelho de ultrassom para a formação de imagem, é a busca pelo reconhecimento de variáveis que se mostram presentes nas expressões matemáticas adotadas. A dificuldade observada em criar hipóteses e questões que norteassem o encaminhamento impossibilitou o grupo de finalizar com um modelo explicativo sobre o fenômeno inicial. O que houve foi uma inserção linear de conceitos e representações para explicar as partes que compõem o aparelho de ultrassom, sendo assim, não foram discutidas abstrações e idealizações, afastando uma reflexão mais aprofundada dos conceitos físicos.

Por conta da dificuldade de se desvencilharem do Ensino Tradicional, pode-se apontar a falta de reconhecimento, por parte dos licenciandos, de todas as etapas que deveriam estar presentes para a possibilidade de resignificação conceitual.

Projeto Temático elaborado em INSPE C: 2011/1

Na transposição didática feita para a disciplina seguinte, o modelo explicativo construído pela equipe deveria atender a um público de Ensino Médio, por isso verificam-se várias modificações. É bom ressaltar que a Unidade de Ensino para INSPE C entregue ao professor da disciplina, apresenta-se escrita na forma de planos de aula, dificultando um maior aprofundamento para a pesquisa sobre as etapas previstas.

Como indicado em INSPE B, o grupo mostrava-se ancorado em aspectos que se encontram no Ensino Tradicional, entretanto, deduz-se que, devido à mediação de professores e à experiência do semestre anterior dos momentos finais de socialização da disciplina com colegas, já nas primeiras páginas da Unidade de Ensino para INSPE C, o direcionamento adotado pelos licenciandos destaca a busca por questões. Possivelmente foram pontos que contribuíram para modificações no encaminhamento dado às atividades, logo no início do semestre 2011/1.

O que vocês entendem por ultrassom? Existe relação do aparelho médico com o som? Como ocorre a formação da imagem? Essa pergunta é de um modo geral de como a imagem é formada. O que apresentam as partes claras e escuras da imagem de ultrassom? Olhando a imagem de ultrassom temos como definir o que será as partes claras, vocês têm ideia do que é? Qual a diferença desses tecidos? Pode-se utilizar esse tipo de exame em todas as regiões do corpo? Questionando se algum aluno já quebrou o braço ou uma perna, foi feito ultrassom para ver se estava quebrado? E por que o médico coloca o gel na região onde será feito o exame? (ULTRASSOM E IMAGEM – INSPE C).

Mesmo contando com pouco tempo devido à distribuição das aulas para a aplicação dos minicursos, a equipe empenhou-se na construção de uma modelização partindo de questões as quais orientam o encaminhamento de sua sequência adotada, indicando a inserção da **primeira etapa** para a modelização a qual se buscou mapear. As questões verificadas anteriormente se apresentam também como parte dos planos de aula.

O grupo insere abstrações e idealizações para se aproximar de um modelo conhecido ao explicar como as ondas são captadas pelo receptor, em que se pode reconhecer a perspectiva almejada na **segunda etapa**, ao analisar as limitações verificadas no fenômeno.

Uma das limitações que o modelo aplicado apresenta é a não consideração da atenuação sofrida pela onda ao se propagar pelos meios. Esta aproximação foi feita uma vez que a atenuação, além de não ser muito grande, atuaria de maneira a diminuir a claridade da imagem como um todo (aproximadamente), não afetando, assim, o contraste da imagem. Para diminuir a complexidade, fizemos uso de um número limitado de interfaces. É fato que, entre a mulher e o bebê, não existem apenas quatro interfaces bem como cada uma delas não é homogênea, da maneira como tratamos. Contudo, considerar as interfaces reais somente dificultaria o entendimento e não acrescentaria nenhum conhecimento relevante. (ULTRASSOM E IMAGEM – INSPE C).

Tem-se então contato com o modelo explicativo que a equipe descreve como:

Uma analogia com as funções sensitivas dos seres humanos foi feita para o entendimento do som para formar a imagem. O entendimento e interpretação do som, como as notas musicais enfatizando as interações do som com a matéria e a formação das imagens espaciais em nossa visão foi apresentada para mostrar que ambas necessitam ser interpretadas pelo cérebro e dependem dos contrastes para distinguir as diferentes frequências que geram as diferentes notas musicais no som ou, para a visão, cores das imagens, ou seja a importância da frequência para as duas formas de informação. As partes do ultrassom foram comparadas a esses dois processos comuns em nosso dia a dia visão e audição o que admitiu bom entendimento do fenômeno. (ULTRASSOM E IMAGEM – INSPE C).

O modelo explicativo estabelece-se por meio de uma equivalência, na qual, nas funções sensitivas da audição e visão, verificam-se dois receptores que são usados para captar frequências diferenciadas, e cada um transforma essas ondas em pulsos elétricos que são captados pelo cérebro. Para tal percepção sobre a equivalência entre os sistemas, o grupo investiu em uma reflexão sobre os conceitos físicos envolvidos, como refração, reflexão, interferência, difração e frequência, pois, ao considerar o processo de formação de imagens, necessitava-se reconhecer a dependência da resolução da imagem com o comprimento de onda. E, diante da reflexão desenvolvida pelos licenciandos, é possível reconhecer a conclusão da **terceira etapa**.

A imagem formada é proporcional à frequência aplicada. Quanto maior a frequência, menor é o comprimento de onda e maior é a resolução. Alguns transdutores conseguem lançar pulsos com frequências diferentes, isso faz com que melhore a resolução. A resolução é determinada como a distância limite entre duas interfaces. Como os pulsos têm uma diferença de frequência o tempo de resposta também será diferente. Para que não haja superposição dos pulsos, deve-se deixar um espaço entre um pulso e outro, e então a resolução possível será a metade do comprimento de onda do pulso emitido. (ULTRASSOM E IMAGEM – INSPE C).

Posteriormente, os licenciandos fazem uso de relações sobre os conceitos físicos inseridos para explorar o modelo e verificar seu valor preditivo ao longo das aulas, concluindo a **quarta etapa** esperada para o processo de modelização.

Para a exploração do fenômeno da reflexão inicialmente tratamos a diferença entre uma reflexão sobre uma superfície plana e uma superfície disforme e, assim, foi comentado que para superfícies não planas, o ângulo de reflexão não é igual ao ângulo de incidência, apesar de isto estar escrito na maioria dos livros didáticos. Utilizamos em nosso modelo, que a onda sonora reflete parcialmente na interface entre dois meios com impedâncias acústicas diferentes. A

proporção da onda refletida é dada pela fórmula $R = (z_1 - z_2)^2 / (z_1 + z_2)^2$. Da mesma maneira acontece a transmissão parcial desta onda, dada pela fórmula $T = 1 - R$. (ULTRASSOM E IMAGEM – INSPE C).

Mesmo as etapas indicadas para uma possibilidade de resignificação conceitual mostrarem-se contempladas no processo de modelização em INSPE C, a necessidade pela rapidez com que foi conduzido o processo apresenta dois aspectos importantes. Talvez tal rapidez oculte a falta de reflexão dos componentes em relação às etapas elencadas, devido a um menor aprofundamento comparado ao que deveria ser oferecido na disciplina anterior, deixando a possibilidade de resignificação conceitual para um segundo plano em virtude da necessidade de finalizar a atividade, além de afastar uma provável relação que poderia ser evidenciada entre o campo conceitual da Ondulatória e do campo conceitual da Física Moderna, ao discutir a interação das ondas com a matéria.

3. Título do Projeto Temático: Cozinhando com o forno de micro-ondas.

Tema entregue pelo professor da disciplina: Micro-ondas.

Projeto Temático elaborado em INSPE B: 2010/2

Considerações iniciais:

Diante da transposição didática que resultou no material escrito entregue ao professor da disciplina, constata-se uma maior clareza no encaminhamento dado às atividades pelos licenciandos nas etapas elencadas anteriormente. Tal verificação apresenta-se como uma probabilidade de menor resistência a uma nova situação didática.

Considerações sobre as etapas delineadas:

Ao receber seu tema, o grupo de licenciandos analisou a abertura proporcionada, e dentro das várias possibilidades sobre sua temática estabeleceu uma série de questões, desde aquelas sobre as partes que compõem o forno de micro-ondas, a interação das ondas eletromagnéticas com a matéria, como as ondas são geradas no interior do forno, até sobre as implicações da ingestão de alimentos que foram cozidos em tal forno. Tais questões oportunizaram uma redução do tema para: o entendimento da interação das ondas eletromagnéticas com a matéria e como esta interação poderia favorecer o cozimento dos

alimentos. Assim, a preocupação dedicada às questões que nortearam o trabalho de pesquisa, não configuraram apenas uma problematização inicial, mas também ofereceram subsídios para uma contextualização.

O que também se pôde perceber é que não há uma interrupção no processo de construção de questões para o início de uma procura por um modelo físico adequado, não há uma passagem de etapas, ou seja, os estudantes constroem questões, inserem hipóteses, aproximam-se de modelos já conhecidos e, novamente, constroem questões até aprofundar o modelo explicativo. Tal encaminhamento verificado na Unidade de Ensino contempla o que se espera para a **primeira etapa** do processo de construção do modelo explicativo.

As questões e hipóteses traçadas pelo grupo no processo de modelização promoveram um maior alcance das relações entre os conceitos físicos, possibilidade também fomentada pela natureza do tema trabalhado, pôde-se perceber uma conexão de um campo conceitual a outro. Como a opção adotada pelo grupo mostrou não se prender à fundamentação do campo conceitual de Ondulatória, os licenciandos buscaram um aprofundamento com a inserção de conceitos de Mecânica Quântica, ao tentar entender e explicar sobre as faixas de absorção da radiação pela matéria, como observado no trecho de uma entrevista com um dos licenciandos:

Mas basicamente, o modelo que a gente tratava era sobre a absorção de ondas eletromagnéticas pela matéria. É a ideia fundamental, tava em torno do conceito do coeficiente de absorção, e do que dependia esse coeficiente pra cada material. O que era diferente, porque cada material absorvia de forma diferente cada onda eletromagnética, isso é, cada frequência de onda, e com que intensidade cada uma dessas frequências. E aí a gente foi aprofundando no porque isso variava, e aí a gente estudou algum modelo atômico que possa explicar isso, por meio de interações elásticas da matéria, que seria o modelo de Thomson, e a gente também deu uma olhada, deu uma olhada não, a gente estudou e aprofundou num modelo quântico [...]. (Entrevista com licenciando_15).

Como o delineamento da modelização aproximava-se de um modelo ultrapassado, como o modelo de Thomson, o grupo avaliou

quais seriam os benefícios e suas possíveis limitações teóricas em relação ao fenômeno em questão.

Apesar de prever com certa precisão os resultados, nosso modelo é baseado em dissipação de energia através do atrito do elétron com um fluido gelatinoso, mas como sabemos hoje, o átomo não tem a estrutura descrita por Thomson. Não temos o fluido gelatinoso e também não temos o atrito. A perda dielétrica se dá por outros motivos. Buscando um modelo que parta de interações fundamentais da matéria para explicar a dissipação do movimento dipolar nas moléculas, diversos outros modelos foram construídos por físicos e ainda o são. Podemos compreender essa dissipação pensando que o movimento adquirido pelas moléculas deve colidir com as moléculas vizinhas de forma aleatória, gerando assim um aumento da energia interna do material. (COZINHANDO COM O FORNO DE MICRO-ONDAS – INSPE B).

Posteriormente, o grupo revelou a análise das possíveis abstrações e idealizações necessárias para descrever o cozimento do alimento, e, com isso, adotar o modelo adequado, objetivo o qual, mesmo o modelo sendo ultrapassado, pôde atender às expectativas levantadas. Dessa forma, pôde-se verificar a inserção da **segunda etapa** almejada para a modelização:

Nesse modelo, o átomo é formado por cargas negativas (elétrons), imersas e fortemente ligadas a um fluido gelatinoso positivo. Sabemos que esse é um modelo ultrapassado, mas como nosso objetivo é compreender o fenômeno de aquecimento pela radiação e não realizar um estudo aprofundado sobre o átomo, este modelo será utilizado até que ele se mostre insuficiente. (COZINHANDO COM O FORNO DE MICRO-ONDAS – INSPE B)

As questões e hipóteses seguintes deixavam de oferecer apenas subsídios para uma problematização, mas também favoreciam um aprofundamento das relações entre os conceitos, embora houvesse a

expectativa de um aprofundamento ainda maior em conceitos da Mecânica Quântica, como indicado no parágrafo anterior. Contudo, devido à dificuldade apresentada pelos integrantes do grupo e ao tempo limitado, a possibilidade de tratar ainda mais conceitos de Mecânica Quântica foi reduzida. Mesmo assim, a tentativa retratada pelos licenciandos em inserir conceitos físicos de outro campo conceitual, diferente de Ondulatória, reafirma a busca por relações entre os conceitos físicos ao delinear o modelo adequado, corroborando a **terceira etapa** esperada para a modelização.

Quanto à construção do modelo explicativo, ao final, reconhece-se uma maior aproximação com o modelo de Thomson e com o modelo do oscilador forçado amortecido, refletindo na descrição do modelo explicativo.

Na presença de uma radiação externa, o elétron sofre pequenas oscilações, mas devido à forte ligação com o fluido gelatinoso, tende a retornar para sua posição original, realizando assim um movimento oscilatório. Nesse movimento, o elétron dissipa energia através do atrito, gerando o calor. Se analisarmos esse problema, veremos uma força vinculativa, uma força dissipativa, e uma força externa. Essas forças são as mesmas encontradas em Osciladores Harmônicos Amortecidos e Forçados. Como compreendemos muito bem a física contida em um oscilador, vamos utilizar um para descrever nosso problema, e tentar compreendê-lo melhor. (COZINHANDO COM O FORNO DE MICRO-ONDAS – INSPE B).

O modelo explicativo adotado é sistematizado dentro de uma equação que descreve a constante dielétrica para analisar a dissipação de energia. Tendo em vista que o modelo explicativo deveria atender à absorção da radiação pela matéria, suas variáveis foram descritas de maneira a atender à interação das ondas eletromagnéticas e às cargas elétricas.

O nosso modelo descreve esta constante dielétrica, a partir da eq. 10.32 e da eq. 10.37.

$$\bar{\epsilon}_r(\omega) = 1 + \frac{Nq^2}{\epsilon_0 m} \left(\sum_j \frac{f_j}{(\omega_j^2 - \omega^2 - 2i\gamma_j\omega)} \right) \quad (\text{eq.10.41})$$

(COZINHANDO COM O FORNO DE MICRO-ONDAS – INSPE B).

Já que a absorção da energia eletromagnética da onda está principalmente relacionada à parte da representação imaginária de sua constante dielétrica, tornando-se assim necessário, a ênfase é dada às cargas elétricas. Tal ênfase estabeleceu, em todas as fases, um grande exercício de arguição quanto às abstrações e idealizações consideradas no modelo. Diferente do valor preditivo encontrado em outros modelos como um resultado quantitativo que pode ser confrontado com outros modelos conhecidos, o grupo aprofundou seu modelo de maneira a enfatizar as dependências de seu modelo por meio de variáveis. Mesmo verificando a complexidade da representação exemplificada, tal representação simbólica comunica e valida o modelo para um público de Ensino Superior, oferecendo ao modelo um caráter preditivo, contemplando-se a **quarta etapa** da modelização.

Este modelo pode ter os valores das frequências de ressonância ω_j e constantes de absorção γ_j fitados (ajustados) nos valores experimentais. Desta forma, a partir do modelo, podemos obter informações ainda mais detalhadas sobre a estrutura interna dos materiais. A partir dos diversos modos normais de vibração encontrados nos materiais podemos criar novos modelos sobre a estrutura microscópica das moléculas, buscando estruturas que podem ter os mesmos modos normais de movimento. (COZINHANDO COM O FORNO DE MICRO-ONDAS – INSPE B).

Projeto Temático elaborado em INSPE C: 2011/1

Conforme registrado na Unidade de Ensino entregue ao professor da disciplina, o grupo esforçou-se em possibilitar aos estudantes de Ensino Médio a participação de um grande número de atividades experimentais. O intuito destacado para a atividade experimental era inserir uma possibilidade de debate. Com isso, aula após aula, o grupo apresentava inicialmente um número excessivo de atividades experimentais que criavam oportunidades para debates, mas que reduziam o tempo para a sistematização do conhecimento.

O objetivo dessa aula não é dar respostas, e sim fazer com que os alunos tenham perguntas.

Portanto durante esse debate, e os outros que virão, faça perguntas com o objetivo de fazer os alunos se questionarem sobre os fenômenos [no caso as atividades experimentais trazidas para a aula]. Esse tipo de abordagem não é simples, mas vale a pena, os resultados serão fantásticos! Ao final desse debate, escreva em uma folha as principais dúvidas dos alunos. (COZINHANDO COM O FORNO DE MICRO-ONDAS – INSPE C).

Ao estacionar por vários momentos da aula em problematizações de caráter motivacional, não há um reconhecimento do processo de modelização ao longo das aulas, em uma transposição didática que já era esperada pelo resultado obtido em INSPE B, isto é, com a inserção de questões que levassem à construção de hipóteses, e aos poucos, por meio das relações entre os conceitos, com atividades experimentais e equações matemáticas, expusessem os modelos construídos em INSPE B, adequados, então, ao Ensino Médio. Essas etapas simplesmente não ocorreram e não foram verificadas na Unidade de Ensino entregue ao professor. O que se observou foi uma redução de conceitos físicos, numa sequência na qual os licenciandos retomaram o Ensino Tradicional, pois os conceitos eram sistematizados de forma linear para atender à atividade experimental.

Mas esse foi o negócio, acabou sendo superficial demais [quando se refere à sistematização do conhecimento, e a inserção do modelo simplificado adotado em INSPE B para C]. Essa abordagem pelo nosso planejamento, que, e com todas as outras complexidades do ensino, que é a preocupação do envolvimento dos alunos com o minicurso, que é a preocupação da construção de um ambiente humano propício pra aprendizagem, que é uma coisa que se discute muito pouco em educação, e que muitas vezes não tá de acordo com aquela, não é que não tá de acordo, só que é muito difícil, compatibilizar com aquele nosso modelo pedagógico que a gente queria aplicar. (Entrevista licenciando_19)

A preocupação acentuada em aplicar atividades experimentais que se tornaram extensas e excessivas impossibilitou um contato com o

modelo explicativo construído anteriormente. Talvez os licenciandos, ao se depararem com uma situação de aprendizagem diferenciada, partilharam do processo ao entendê-lo como possibilidade de um aprender a aprender. Porém, quando deveriam transpor tal encaminhamento, como um aprender a ensinar, os integrantes do grupo mostraram-se inseguros. Essa insegurança fez com que retornassem ao caráter tradicional, reiterado ao longo de sua formação, não trazendo a possibilidade de resignificação esperada para seus alunos. Esta insegurança pode apresentar-se como produto de uma dificuldade em transpor didaticamente tal conhecimento para a perspectiva do Ensino Médio, devido à complexidade da temática inicial ou mesmo devido à complexidade do encaminhamento tomado pelos licenciandos em sua modelização.

4. Título Projeto Temático: Ressonância Schumann.

Tema entregue pelo professor da disciplina: Ressonância Schumann.

Projeto Temático elaborado em INSPE B: 2010/2

Considerações sobre as etapas delineadas:

O recorte indicado na Unidade de Ensino pelo grupo, para o início da modelização, é: tratar questões sobre a detecção e a natureza da Ressonância Schumann. Esse recorte é proporcionado por questões como: qual é a origem dessas ondas eletromagnéticas ressonantes confinadas entre a Terra e a Ionosfera? Como essas ondas são detectadas? Quais são as características particulares destas ondas? O que são e como se propagam as ondas eletromagnéticas? Como se forma a Ionosfera? Por que estas ondas são “refletidas” pela Ionosfera?

Ao traçar as questões e hipóteses, são inseridos conceitos físicos que fundamentam as ideias construídas, no entanto, com a limitação do tratamento de algumas hipóteses por alguns conceitos, acabam-se gerando mais questões, aproximando o processo de uma espiral, na qual há abertura para inserção de mais conceitos físicos para a explicação, contemplando a **primeira etapa** para a modelização.

Constituída a Ionosfera, observa-se um espaço entre a superfície terrestre e essa camada eletricamente carregada. Nesse espaço é que o fenômeno em questão ocorrerá, devido à diferença de potencial entre elas. Apesar das ondas serem necessariamente eletromagnéticas, algumas propriedades das ondas mecânicas pode ser

transportado para a solução desse problema. De todos os tipos de comprimentos de onda gerados, muitos não se “adéquam” na cavidade formada entre Terra e Ionosfera, sendo dispersos, chamamos esses de whistler waves (“ondas apito”). De outro modo, existem alguns comprimentos em questão que se adaptam, entrando em ressonância. Esses comprimentos é que serão levados em consideração para a ocorrência desse fenômeno. Podemos simplificar esse, utilizando algumas ferramentas. O fato dessas ondas encontrarem-se cativas nesse meio, nos leva a ideia do conceito de onda estacionária, já que o limite de propagação da onda é restrito. (RESSONÂNCIA SCHUMANN – INSPE B).

Como se observa na citação anterior, o grupo aponta limitações ao estudar o fenômeno e, para tanto, na parte destacada, é indicada a necessidade de abstrair e idealizar uma determinada conjectura que é tratada no modelo escolhido sobre a onda estacionária, verificando-se a **segunda etapa**, importante no processo de modelização, ao se analisar as limitações adotadas. Na espiral que conduziu o processo de modelização, houve também a aproximação de modelos já aceitos conceitualmente:

Considerando o plasma como um metal condutor, pois um metal condutor pode ser visto como um gás de elétrons, e o plasma é formado por elétrons livres e íons. Podemos assim idealizar o nosso modelo e considerar a interação da onda eletromagnética que se propaga na Ionosfera como num metal. Se a superfície da Terra for vista como um condutor, e levando em conta que podemos tratar a camada ionosférica como um condutor, podemos imaginar a superfície da Terra e a Ionosfera formando um capacitor esférico. Logo, ondas eletromagnéticas propagam-se dentro desta cavidade, vamos tratar agora da interação das ondas eletromagnéticas com a camada ionosférica. Podemos fazer uma idealização do plasma ionosférico, e considerá-lo como um condutor. Essa idealização serve para mostrar como ocorre a interação da onda eletromagnética

com o plasma. (RESSONÂNCIA SCHUMANN – INSPE B).

Ao longo do material escrito, como o retratado no trecho anterior, o grupo evidencia a determinação das relações existentes entre os conceitos e o modelo físico adotado, concluindo o almejado para a **terceira etapa** esboçada para a modelização. E dentro do delineamento inicial para a pesquisa, sobre o comportamento da onda estacionária, para entender a detecção e a natureza da Ressonância Schumann, as considerações sobre o modelo já conhecido levou o grupo ao uso de representações (gráficos e figuras) como na Figura 1.19 do trabalho em questão:

Medidas do campo elétrico das Ressonâncias Schumann em diferentes horários ao longo do dia

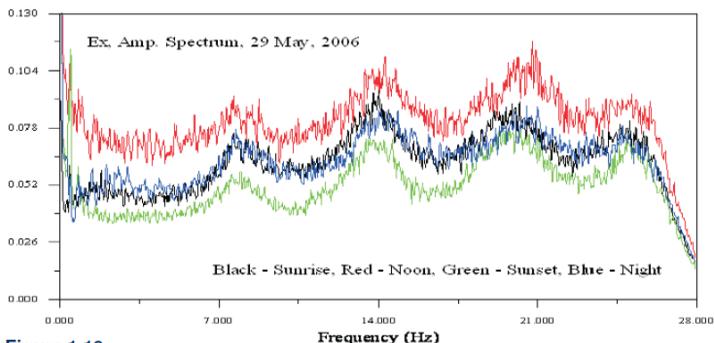


Figura 1.19

Fonte: Ressonância Schumann – INSPE B

A figura exemplificada refere-se às medidas do campo elétrico das Ressonâncias Schumann em diferentes horários ao longo do dia. Portanto, figuras e gráficos permitiram mapear variáveis na formalização do caráter preditivo do modelo, como também por meio de uma expressão matemática indicada como 1.36 mais adiante.

Analisando o meio Terra-Ionosfera, desconsiderando as irregularidades existentes tanto na superfície da Terra como na Ionosfera, o equivalente mecânico nos levaria a formação de um guia de ondas fechado, entre duas cascas esféricas. No entanto, o trato com esse guia seria um tanto quanto mais complicado, e uma adaptação a essa

ideia de nada interfere no cálculo final. Assim podemos reduzir nossa cavidade ressonante, de esférica, para um tubo de ondas aberto, que circunda toda a cavidade. Logo, seu comprimento seria o comprimento máximo da circunferência terrestre; e o raio de sua base, a distância média formada entre Terra e Ionosfera. (RESSONÂNCIA SCHUMANN – INSPE B).

Mesmo conhecendo o modelo físico adotado, mas diante de considerações necessárias ao retratar o fenômeno, o grupo dedicou uma reflexão sobre o alcance do modelo explicativo e como as abstrações indicadas na citação anterior poderiam comprometer a coerência do uso de tal modelo. Essa preocupação fez com que o grupo aferisse algumas aproximações para validar a precisão do modelo. Assim, ao delinear o modelo como um tubo de ondas estacionárias, o grupo utilizou a expressão a seguir, indicada por 1.36, para calcular os modos de vibração possíveis para seu modelo.

$$(1.36) \quad f_n = \frac{c}{\lambda_n} = \frac{c}{2\pi r_e} n \approx 7.5n.$$

[...] Sendo c o valor de velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no vácuo, e r_e o raio da circunferência terrestre. Para o módulo com menor frequência, ou seja, a frequência natural de oscilação ($n = 1$), teremos que o valor é de 7,5Hz e por conseguinte seus múltiplos. Valores muito próximos dos obtidos experimentalmente. O gráfico da Figura 1.25:

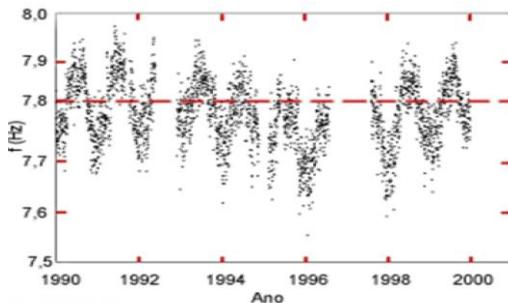


Figura 1.25

[...] Representa medidas obtidas dessa ressonância em diferentes anos. Notemos que apesar da oscilação de seus valores, um valor médio é obtido. Esse se aproxima de 7,8 Hz. [...] As diferenças ocorrem pelo fato de que o guia de ondas formado pelas camadas Terra e Ionosfera não é perfeito como o idealizado, ocorrendo algumas dissipações pelo caminho. Outro fato importante é a consideração da propagação de nossas ondas no vácuo, e sabemos que nossa atmosfera por mais que sua densidade não seja elevada, acarreta algumas variações no modelo. Além dos valores arbitrários do comprimento dessa cavidade, que se admitiu igual ao comprimento do equador terrestre. Contudo, como fora visto anteriormente, as simplificações tomadas são bem satisfatórias. (RESSONÂNCIA SCHUMANN – INSPE B).

A proximidade do valor da frequência, verificado na expressão exemplificada, com outro valor já identificado como adequado em referências bibliográficas permitiu ao grupo a confrontação com o valor da frequência obtido pelo grupo por meio da sua modelização, admitindo uma avaliação do modelo e concluindo, assim, a **quarta etapa** para o processo de modelização.

Projeto Temático elaborado em INSPE C: 2011/1

Para a disciplina de INSPE C, diante da transposição didática construída para atender o público de Ensino Médio, ao reformular o modelo explicativo, mantiveram-se as mesmas questões, com a adição de outras mais fundamentais para o público-alvo, como: o que são ondas? Além da inserção de uma breve introdução sobre Ondulatória, para os expectadores que não haviam tido um contato inicial com tais conceitos. Tal delineamento assegura a inserção da **primeira etapa** da modelização esperada também na transposição didática para o Ensino Médio

Depois de expor as questões principais sobre o fenômeno e abarcar juntamente com as questões iniciais a introdução apontada acima, o grupo apresenta uma análise sobre as limitações necessárias para o entendimento do fenômeno e com isso a inclusão das abstrações e idealizações, a mesma observada em INPE B, constatando assim, a **segunda etapa** para a modelização.

Apesar de todos os tipos de comprimentos de onda eletromagnéticas possíveis, muitos não se “adequam” na cavidade formada entre Terra e ionosfera, sendo dispersos, chamamos de ondas apito. Mas alguns determinados comprimentos de onda se adaptam, entrando em ressonância. O fato dessas ondas se encontrarem confinadas nesse meio, nos leva a ideia do conceito de onda estacionária, já que o limite de propagação da onda é restrito. Analisando o meio Terra-ionosfera, desconsiderando as irregularidades existentes tanto na superfície da Terra como na ionosfera, um tratamento mais adequado seria assumir um guia de ondas fechado, entre duas cascas esféricas. (RESSONÂNCIA SCHUMANN – INSPE C).

Com a inserção do modelo de Drude, sobre a condutividade elétrica num meio condutor, o grupo traçou uma aproximação da interação da onda eletromagnética no plasma ionosférico, buscando explicar a reflexão da onda eletromagnética na ionosfera. A opção por tal modelo físico promoveu o estabelecimento de relações de conceitos físicos, contemplando a **terceira etapa** para modelização.

Analisando a equação, vemos que se a frequência da onda eletromagnética é menor que a frequência característica do plasma, o índice não é um número real, logo as ondas eletromagnéticas são totalmente refletidas. Por outro lado, se a frequência da onda eletromagnética é maior que a frequência característica do plasma, as ondas eletromagnéticas atravessam o meio, o índice de refração passa a ser um valor real. (RESSONÂNCIA SCHUMANN – INSPE C).

As maiores modificações ficam evidentes quanto ao nível adotado para o formalismo matemático, contudo, não existe uma redução que indique a simples troca por outras atividades. Ao chegar no modelo explicativo adotado com base nas considerações sobre o modelo de Drude, modelo que se mostrava inserido também em INSPE B, e sobre a onda estacionária circular, os licenciandos aproximam seu modelo para as características do globo terrestre:

Vamos assumir também que esta onda está confinada na região cujo raio aproximado r_{ap} é a soma do raio médio da Terra (porque a Terra não é exatamente uma esfera) mais a metade da distância média entre a Terra e a ionosfera, como mostrado na figura 1. Lembrando que utilizamos a distância média entre a Terra e a ionosfera, porque a altura da ionosfera é variável, conforme discutido na seção anterior. Sendo c o valor da velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no vácuo e $r_{ap} = 6371\text{km} + 50\text{km}$, onde consideramos que a altura média da ionosfera é 100km, temos:

$$f_n = n \frac{c}{2\pi r_{ap}} \quad f_n = 7,44n \text{ Hz}$$

(RESSONÂNCIA SCHUMANN – INSPE C).

Proporcionando um caráter preditivo ao modelo explicativo por meio da expressão adotada, e da mesma maneira como retratado em INSPE B, com base nos valores observados em referências bibliográficas, o grupo avalia a coerência do valor encontrado e do modelo adotado. Contemplando a **quarta etapa** sugerida para o processo de modelização.

O processo de modelização apresenta os aspectos que foram elencados no início da seção como etapas para modelização que oferecem possibilidade de uma resignificação conceitual, na qual se confere que o modelo explicativo é trazido de forma constante em INSPE C. O que se entende aqui como constante seria uma continuidade sem sobressaltos e sem ocultação de etapas que constituíram o modelo explicativo em INSPE B ou exageros em proporcionar atividades de caráter motivacional. A equipe trouxe ao minicurso destinado para o público de Ensino Médio as mesmas etapas as quais consolidaram seu modelo explicativo na disciplina anterior. Não está se tentando verificar se o modelo explicativo é o mais ou menos adequado que o de outras equipes, mas verifica-se que as mesmas etapas usadas para entender o fenômeno são apresentadas para explicar o fenômeno.

Sobre a leitura dos Projetos Temáticos:

A relação estudante, professor e conhecimento, que se pode verificar na elaboração dos Projetos Temáticos, como dito anteriormente, não segue receituário, não há um número de passos

delineados pelo professor e entregues aos licenciandos. O que se verifica são etapas, que, de forma comum aos grupos, por meio de socializações em seminários ou mesmo nas arguições com os professores, os licenciandos acabam reconhecendo como seu entendimento pode responder àquela situação “tarefa”, “[...] em outros termos, o aluno está reconhecendo uma situação na qual ele pode utilizar suas aquisições apesar da ausência de indicações do professor no sentido da utilização desses saberes”. (JONNAERT, 1996, p. 12).

Pôde-se perceber, na leitura da Unidade de Ensino construída pelos licenciandos, que o grupo que se apresentava com a temática relacionada com o ultrassom, inicialmente demonstrou dificuldades de se afastar da maneira como é conduzido o Ensino Tradicional. Sua tentativa inicial de tratar o equipamento de ultrassom de forma integral conduziu os estudantes ao recorte linear de conceitos, explicando, assim, os conceitos físicos relacionados com as partes do equipamento de forma superficial. No entanto, pôde-se também perceber que, devido à natureza da atividade, o grupo sofreu influências das intervenções do professor e de seus colegas nas aulas e seminários, pois a mediação do professor e a socialização com os demais grupos puderam levar os licenciandos a uma possível reflexão sobre a situação de aprendizagem diferenciada na qual estavam envolvidos e a um afastamento da reiteração do Ensino Tradicional a que estavam acostumados, levando a uma mudança em sua conduta na disciplina seguinte. Tal variação observada no comportamento do grupo leva ao entendimento de que os grupos constroem sua compreensão sobre a situação em tempos diferentes.

Já para o grupo com a temática dirigida sobre o cozimento dos alimentos no forno de Micro-ondas, verificou-se a conclusão de uma modelização em INSPE B, que atendia a várias expectativas, como o desprendimento inicial do Ensino Tradicional, o aprofundamento da pesquisa revelando uma abertura a um aprender a aprender, além das relações estabelecidas com conceitos de Mecânica Quântica por intermédio do campo conceitual de Ondulatória. Apesar disso, com o início da disciplina de INSPE C, verifica-se uma falta de sistematização dos conhecimentos físicos necessários para a modelização direcionados ao Ensino Médio. Tal desnível mostra a dificuldade encontrada pelos licenciandos em transpor um conhecimento de um nível a outro ou a possibilidade de não terem entendido realmente o processo de modelização, porque, mesmo que as etapas para a possível resignificação conceitual tenham sido verificadas no processo de modelização em INSPE B, não há um entendimento consolidado sobre

elas que ofereça uma extensão aos estudantes de Ensino Médio em uma transposição didática. E, com isso, os licenciandos demonstram que se distanciaram da possibilidade de um aprender a ensinar, com tal situação diferenciada.

Para os grupos com os temas Ressonância e Instrumentos Musicais e Ressonância Schumann, conforme indicado nas Unidades de Ensino entregues para os professores das disciplinas de INSPE B e C, verificou-se uma continuidade do processo de modelização de uma disciplina para outra, garantindo que, no contexto da transposição didática adotada, os conceitos físicos fossem sistematizados para o público de Ensino Médio. Assim, mesmo que os grupos tenham apresentado dificuldades na definição dos recortes iniciais, elas não apareceram na Unidade de Ensino entregue ao professor e não comprometeram a construção do projeto temático.

Já no processo de transposição didática, observado de maneira comum para todos os grupos, verificou-se que o ponto de partida, o tema com base em um fenômeno natural ou aparato tecnológico apresentava-se demasiadamente geral, refletindo a necessidade do recorte, constituído por intermédio de questões e pesquisas com base em referências bibliográficas, mostrando-se como um determinante sobre quais os conceitos físicos seriam contemplados. Assim, as etapas que integram o processo de modelização garantiram que, ao final da transposição didática, os grupos tomassem contato com um conhecimento inserido em um modelo explicativo. Pois se, antes, o tema apresentava-se demasiadamente geral, tornando complexa sua compreensão, em seguida, o uso do modelo explicativo tornou simplificada uma situação específica do fenômeno inicial, favorecendo a inserção de conceitos físicos e suas relações, entretanto para um público de Ensino Superior. Pode-se tomar como exemplo o tema Ressonância e Instrumentos Musicais, no qual seu modelo explicativo é utilizado para explicar uma especificidade do tema, como a produção do som no violão, esclarecendo sobre a trajetória das oscilações através do corpo do instrumento. Para a segunda etapa da modelização, o modelo explicativo já tratava de determinada especificidade do tema, produto da transposição didática no nível de Ensino Superior, conseqüentemente, os grupos deveriam revelá-lo por meio de uma sequência didática para um público de Ensino Médio. Desse modo, os grupos deveriam transportar o modelo explicativo, diante dos conceitos físicos e suas relações para tal público.

Dentro da possibilidade de resignificação conceitual estabelecida nas etapas delineadas na elaboração dos Projetos

Temáticos, ao aproximar os licenciandos do método científico por meio do processo de modelização, fundamentada teoricamente na integração da tríade de conjuntos indicados por Vergnaud, tinha-se como intuito fomentar ideias. Almejava-se que, por meio da necessidade de estabelecer metas e antecipações, regras de ação, base conceitual já internalizada e possibilidade de inferência, os licenciandos, ao construir seus modelos explicativos, desestabilizassem seus esquemas anteriores, sedimentados por situações específicas e reavaliassem suas concepções sobre os conceitos físicos anteriormente aprendidos, como também, diante de uma situação diferenciada, reconhecessem uma oportunidade de aprendizado de conceitos físicos com os quais ainda não tiveram contato.

Entretanto, tendo em vista que os Projetos Temáticos foram elaborados em grupos, revela-se então a necessidade em confrontar as diferenças quanto ao tratamento dedicado aos conceitos físicos de forma individual. Pois, por ter completado todo o processo de elaboração de seus Projetos Temáticos, esperava-se que os licenciandos apresentassem alguma variação quanto à argumentação dos conceitos físicos pesquisados por eles devido à sua aproximação ao longo de dois semestres.

Assim, na próxima seção, apresenta-se o embasamento dado aos conceitos de Ondulatória pelos licenciandos, antes e depois da elaboração dos Projetos Temáticos. Como também uma posterior confrontação sobre o entendimento delineado sobre os conceitos de Ondulatória entre os licenciandos que tiveram e os que não tiveram sua temática associada a tais conceitos.

3.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO SOBRE OS QUESTIONÁRIOS E AS ENTREVISTAS

Para a análise que compõe a segunda coleta de dados, fundamentada em um *corpus* de 24 questionários em INSPE B, 26 questionários em INSPE C e 9 entrevistas, buscou-se um referente metodológico, a análise de conteúdo, com a expectativa de favorecer a reinterpretação das mensagens, ao atingir uma compreensão sobre seu significado, num nível mais aprofundado que a leitura comum sobre estes instrumentos.

Parte-se, então, para o pressuposto que orienta a segunda coleta de dados, o possível reflexo sobre a argumentação dos conceitos físicos que estavam relacionados com o processo de construção do Projeto Temático, uma vez que o pressuposto para a primeira coleta de dados na

seção 3.1, sobre a possibilidade de resignificação conceitual, tenha sido investigado com base na leitura das Unidades de Ensino.

Para Bardin, a análise de conteúdo baseia-se em:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens. (BARDIN, 1994, p. 42).

Conforme Bardin (1994), a análise de conteúdo atende tanto à abordagem quantitativa ou qualitativa, pois, ao se considerar os indicadores utilizados para a interpretação dos dados, pode-se, por um lado, traçar a frequência com que esses indicadores se repetem no texto; enquanto que, na abordagem qualitativa, considera-se a presença ou ausência de uma dada característica do conteúdo ou conjunto de características num determinado fragmento da mensagem.

A organização da análise de conteúdo envolve três etapas: pré-análise, exploração do material e análise e interpretação dos resultados.

A pré-análise:

Segundo Bardin (1994, p. 95), esta fase é composta por três missões: a escolha dos documentos a serem submetidos à análise; a formulação das hipóteses e dos objetivos; e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final. Tendo escolhido os questionários e as entrevistas para submissão de tal análise, e justificado a escolha anteriormente no delineamento da pesquisa qualitativa, a opção por questões que envolvessem o campo conceitual de Ondulatória permitiu um exame sobre estes conceitos físicos, que se mostravam, ao longo da formação inicial, associados às abstrações e idealizações e que, após a construção de Projetos Temáticos, poderiam apresentar outra perspectiva. Mas que perspectiva seria essa? Como já apresentado anteriormente, é comum a confusão em atribuir à frequência da fonte a dependência pela velocidade de propagação da onda, sem apresentar qualquer associação ao meio, ou, ainda, confusões sobre conceitos característicos do movimento ondulatório como sobreposição, interferência e ondas estacionárias. Pontos que seriam constantemente

discutidos na elaboração dos Projetos Temáticos, o que justifica a escolha por fazer duas coletas de questionários, uma antes e outra ao final da elaboração desses projetos, para que se pudesse averiguar se havia evolução sobre a argumentação de tais conceitos.

Outra hipótese apresentava-se ao visualizar dois grupos de licenciandos, aqueles que possuíam um tema relacionado com o campo conceitual de Ondulatória e aqueles que não o possuíam, pois, aqueles que não participaram diretamente da elaboração dos Projetos Temáticos com conceitos de Ondulatória, participaram de seminários, nos quais foram discutidos os avanços e as implicações no processo de modelização e a inserção de conceitos físicos de Ondulatória, para que atendessem ao entendimento do fenômeno inicial. Assim, entendeu-se que, ao refletir sobre etapas de seu projeto, mesmo não tendo relação com conceitos de Física Ondulatória, o licenciando que acompanhou e dialogou com seus colegas que estavam expondo um Projeto Temático com base em Ondulatória, ou que havia trabalhado sob a perspectiva da modelização com outro campo conceitual, também apresentaria diferenças entre o antes e o depois ao explicar os conceitos físicos questionados.

Em função das hipóteses expostas, foram identificados os próprios conceitos físicos de Ondulatória como indicadores para a pesquisa, para Bardin (1994), “[...] se se considerarem os textos como uma manifestação contendo índices que a análise vai fazer falar, o trabalho preparatório será a escolha destes – em função das hipóteses, caso elas estejam determinadas – e sua organização sistemática em indicadores”. (p. 99-100).

Voltando-se para um exemplo encontrado ao longo da análise dos questionários e, posteriormente, das entrevistas, na primeira questão (anexo IV), sobre a velocidade de propagação de uma onda na corda, na qual não é indicada qualquer preocupação com a frequência, contudo traz a corda como meio material. Esperava-se, então, encontrar a tensão na corda e a densidade da corda como indicadores. Assim, observou-se que alguns licenciandos aprofundaram suas reflexões ao inserir relações que traziam a tensão e a densidade com outros conceitos e/ou mesmo a representação matemática, como o esperado. Contudo, outros licenciandos, de forma equivocada ou incompleta, apenas associaram a velocidade de propagação da onda à equação $v = \lambda.f$. Logo, para a análise sobre a situação exemplificada, que transcorreu de forma qualitativa, buscou-se avaliar a pertinência da presença ou não dos indicadores adotados. Cada questão teve como base os conceitos físicos e a argumentação, entendidos como adequados para a construção da

resposta. Portanto, a primeira unidade de registro apontada para cada questão traz a resposta mais adequada e completa, atendendo à inserção e à argumentação de todos os conceitos envolvidos, entendidos como fundamentais pelos pesquisadores envolvidos nesta dissertação. As unidades seguintes são um agrupamento do que as respostas despontavam em comum, as quais foram julgadas pelos pesquisadores dentro de uma sequência com base na proximidade com a primeira unidade de registro.

Exploração do material:

A etapa que se segue consiste num processo denominado por Bardin (1994), como codificação, na qual os dados iniciais são examinados e agregados em unidades de registro, “permitindo atingir uma representação do conteúdo” (p. 103), e descrevendo as características próprias do conteúdo expresso na questão. Portanto, pode-se referir à unidade de registro como uma unidade de significação a ser considerada para a futura categorização.

A escolha das unidades de registro, contou com a discussão e escolha prévia dos pesquisadores sobre quais conceitos seriam indispensáveis na análise de cada questão. Assim, mesmo surgindo argumentações diferenciadas entre os licenciandos, para a mesma questão, suas respostas apresentariam o devido respaldo conceitual.

Para tanto, o processo de exploração do material teve início na busca por estas unidades de registro, e as questões foram examinadas de forma independente para que fosse possível, ao final, verificar o que haviam de comum. Desse modo, para uma determinada questão, juntaram-se todos os questionários, com o cuidado de separá-los em dois grupos, que se referiam à 1ª e 2ª coleta, examinaram-se quais seriam as unidades de significação para aquela determinada questão e, em seguida, os questionários eram separados de acordo com os grupos.

Ao analisar a primeira coleta de questionários, estabeleceu-se uma ordem decrescente para o grupo de unidades de registro encontrados para cada questão. Conforme a satisfação dos indicadores pensados previamente, situava-se o parâmetro de resposta completa e, posteriormente, de forma decrescente, agruparam-se os demais questionários, que devido às suas respostas menos completas, apresentam-se nas unidades de registro seguintes. Dessa forma, as primeiras unidades de registro indicadas para cada questão trazem as argumentações mais completas, seguindo um padrão para todas as questões.

Já para a segunda coleta de questionários, estes foram separados de maneira a enquadrar-se nas unidades de registro já mapeadas anteriormente para a primeira coleta. Assim, separadamente do primeiro questionário, o segundo foi analisado de maneira a verificar qual unidade de registro se enquadraria, entretanto, caso não houvesse enquadramento nas unidades de registro anteriores, abria-se outra que atendesse àquele determinado questionário. Faz-se necessário enfatizar que o enquadramento não conta apenas com a análise dos questionários, pois, caso a resposta se mostrasse confusa, o questionário era separado, e solicitava-se uma entrevista ao licenciando para sanar as dúvidas sobre sua resposta. Assim, o enquadramento já contava com a análise dos indicadores com o auxílio das entrevistas.

Ao final, observava-se um número de unidades de registro no qual se enquadravam os questionários, denominados de “antes” e “depois”, revelando quais eram os licenciandos que haviam mudado no enquadramento de sua unidade de registro, e, com isso, apresentava alguma evolução em sua argumentação constatada diante das duas coletas de questionários. Esse exame se estabeleceu para quase todas as questões de forma independente, com exceção das questões 1 e 2, pois tratavam-se da velocidade de ondas em meios materiais, logo, os objetivos eram semelhantes para as duas questões (a diferença estava no reconhecimento de uma onda transversal para a primeira questão, e de uma onda longitudinal para a segunda questão), sendo possível tratá-las conjuntamente.

Questão 01

Considere que uma corda está presa em uma das extremidades, e você segurando a outra extremidade. Num certo momento, você provoca uma oscilação na corda, que fatores podem influenciar a velocidade de propagação desta onda? Explique.

Questão 02

Que fatores influenciam na velocidade do som? Explique.

Os conceitos físicos que se identificaram como indicadores conforme a teoria de Bardin (1994) são: a tensão na corda, a densidade linear da corda, o módulo de elasticidade volumar (reconhecimento da compressão e rarefação desta onda sonora), densidade do meio para a onda sonora.

Considerações sobre as questões:

As questões 1 e 2 tratam de ondas mecânicas. A primeira questão aponta para uma onda em uma corda, sendo esta uma onda transversal em um meio com propriedades elásticas. A segunda questão conta com um diferencial em relação à primeira questão, pois trata de uma onda longitudinal; o pulso desta onda está associado à compressão e à descompressão do meio. Assim, a velocidade não apenas sofre influência da densidade, mas também diretamente da elasticidade **do meio**. A intencionalidade de tais questões seria o licenciando desprender-se da representação matemática e explicar as implicações da tensão e da densidade sobre a velocidade de propagação da onda num determinado meio.

Observação: Os números nas colunas a seguir referem-se à identificação dos licenciandos, pode-se perceber a falta de alguns números na sequência, tal falta deve-se à não continuidade do licenciando na pesquisa, seja por ter participado de INSPE B e não de INSPE C, ou participou de INSPE C, mas já havia feito a disciplina INSPE B em semestres anteriores.

Tabela1 – Enquadramento das respostas das 1ª e 2ª questões em unidades de registro.

Antes	Depois	Mudança de nível	Unidades de Registro
05; 18; 21; 24.	05; 18; 21; 24.		(1) Todos os indicadores apresentam-se associados a argumentação coerente.
04; 19.	04; 14; 19; 22.		(2) Aparecem os indicadores na argumentação sobre a onda mecânica de forma coerente de maneira geral, contudo, ao se tratar de um pulso transversal na primeira questão e uma onda longitudinal na segunda questão, apresentam-se confusões de forma sutil em um tipo de onda, seja na primeira seja na segunda.
15;	15;		(3) Reconhece os indicadores, começa sua resposta com argumentação adequada, contudo conclui sua resposta de forma confusa, com inserção de outros indicadores.

03; 06; 22; 23.	03; 06.	22; 23.	(4) Apresenta os indicadores e procura explicá-los, mas sua argumentação se mostra incompleta.
08; 10.	08; 10.		(5) Os indicadores pertinentes à propagação da onda mecânica se apresentam, contudo não há argumentação.
01; 02; 07; 09; 12; 13; 14; 16; 20.	01; 02; 07; 09; 12; 13; 16; 20; 23.	14	(6) Apresenta parte os indicadores esperados, associados às concepções alternativas ou apresentam-se concepções alternativas.

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

Considerações sobre as Unidades de Registro:

Unidade de Registro (1): todos os indicadores apresentam-se associados a argumentação coerente.

(L. 05 – 1º questionário) *A velocidade da onda segue a relação*

$$v \propto \sqrt{T/\mu}$$

onde T é a tensão e μ é a densidade da corda. Quanto mais esticada e quanto menos densa a corda maior a velocidade da onda.

$$v \propto \sqrt{T/\mu}$$

(L. 05 – 2º questionário) *conforme a equação acima, a velocidade de uma onda em uma corda é maior em cordas mais tensionadas e menor em cordas mais densas.*

Nesta unidade de registro, como retratado nos recortes feitos anteriormente, foi estabelecido como uma resposta com argumentos coerentes aquela que apresentasse conceitos que retratassem a velocidade de propagação da onda em uma corda associada à tensão e ao material constituinte, contudo, buscou-se não apenas a listagem dos conceitos, mas também uma argumentação que explicasse a inserção de tais conceitos, afastando-se da ideia da frequência da fonte geradora como responsável pela velocidade de propagação. Por tratar-se da análise das primeiras unidades de registro, buscou-se verificar em

entrevista uma confirmação dos pressupostos anteriores. Em entrevista, o licenciando pôde apresentar os pormenores que enriqueceram a resposta, quando questionado sobre o significado atribuído à tensão e a densidade.

(L. 05 – Entrevista – 1º trecho): *É, a tensão é a força que cada uma das partículas da corda faz na outra assim, ah... imagina a corda como um monte de bolinhas assim [referindo-se às partículas], que tão, um monte de partículas que estão um do lado da outra, é, aí vai estar em equilíbrio, pois elas não vão estar se movimentando. **E cada uma, vai tá fazendo uma força na [referindo-se às partículas] da direita e, da direita vai tá fazendo uma força na da esquerda e essas forças são iguais e opostas, na verdade, cada uma faz, exerce uma força em todas que tão ao redor dela, né, ao lado dela, e o módulo dessa força é a tensão.***

(L. 05 – Entrevista – 2º trecho) *No eixo y tem essa força restauradora de oscilador harmônico, e no eixo x fica essa resultante aqui, que acelera o pulso. Então uma onda numa corda, é um oscilador harmônico se propagando. **E essa força aqui é que acelera o pulso, então quanto maior for a tensão, maior fica essa força resultante que aparece quando eu quebro a simetria.** Então mais fácil vai ser de eu acelerar, e por que é inversamente proporcional à densidade? Porque, pensa que aqui, isso aqui na verdade é um pedaço de corda né, essa força aqui, ela tá tendo que acelerar esse pedaço de corda aqui, esse pedaço de corda aqui tem comprimento, vamos dizer que é uma constante, mas o peso, a massa dele, vai ser tão maior quanto maior for a densidade, e como f [referindo-se à força] é igual a m [referindo-se à massa] a [referindo-se à aceleração], aí vamos fazer a força vai ser igual a l vezes m , que vai é a densidade vezes o comprimento vezes a aceleração, então a aceleração é diretamente proporcional à força, e inversamente proporcional ao comprimento e à densidade.*

Nos trechos exemplificados, é possível notar que o licenciando_05 não se prendeu à representação matemática delineada em suas respostas nos questionários. N Nos trechos retratados, além da elaboração detalhada, construindo hipóteses para a inserção de outros conceitos como destacado, o licenciando utilizou-se também de outros modelos que possibilitassem a construção de significado à sua argumentação, bem como uma aproximação do oscilador harmônico em uma inserção da 2ª lei de Newton.

Unidade de Registro (2): de maneira geral, os indicadores aparecem na argumentação sobre a onda mecânica de forma coerente, contudo ao se tratar de um pulso transversal na primeira questão e de uma onda longitudinal na segunda questão, apresentam-se confusões de forma sutil em um tipo de onda, tanto na primeira como na segunda.

Ao considerar a primeira questão:

(L. 14 – 1ª questão) *A tensão, ou seja, se a corda está mais pressionada ou mais solta. E o meio onde a corda se encontra, se for um meio mais denso a velocidade de propagação será diferente.*

Ao considerar a segunda questão:

(L. 14 – 2ª questão) *Na onda sonora a velocidade de propagação depende da elasticidade do meio e da densidade do meio, na água, por exemplo, a onda sonora se propaga com maior velocidade que no ar, pois o ar é menos denso. E a elasticidade do meio vai interferir na velocidade de resposta da onda fazendo a onda ter velocidade maior ou menor.*

No primeiro trecho, o licenciando_14 reconhece a importância dos fatores como tensão e densidade, mas a importância da densidade não é esclarecida, pois apenas é mencionado “o meio onde a corda se encontra”, não caracterizando a importância da corda como o meio de propagação da perturbação. Enquanto, na segunda questão, o meio mencionado apresenta-se como o próprio meio de propagação. Em entrevista, quando questionado sobre essa diferenciação, a argumentação foi a seguinte:

(L. 14 – Entrevista – 1º trecho) *[...] esse meio mais denso é por exemplo se a corda estiver na água ou no ar, ela vai ser um pouco diferente [referindo-se à velocidade]. É tipo com o mesmo, com a mesma tensão na corda, assim, se eu tiver a mesma tensão, a mesma tensão na corda nos dois meios vai ser diferente a velocidade que a onda vai se propagar na corda, eu acho.*

(L. 14 – Entrevista – 2º trecho) *Bom, eu acho né, então que a diferença foi isso que eu tinha falado. Na onda sonora é realmente o meio que vai transportar energia, é o meio que se perturba né, a perturbação é no meio. E no caso da corda, tem a corda e o meio, tem como se fosse, uma perturbação em duas etapas assim, os dois vão influenciar, e no*

caso, da onda sonora, não, só o ambiente que vai dizer se vai ter ... ou não.

Para o licenciando_14, torna-se difícil reconhecer qual a real importância do meio para a propagação da onda em uma corda, pois, apenas ao final, reconhece na corda o meio material que influenciará o movimento da onda, mas reconhece que a simples indicação de conceitos não é suficiente e tenta melhorar sua resposta com uma argumentação sobre os conceitos inseridos.

Unidade de Registro (3): reconhece os indicadores, começa sua resposta com argumentação adequada, contudo conclui sua resposta de forma confusa com inserção de outros indicadores.

Ao se considerar a primeira questão:

(L. 15 – 1ª questão) *A onda que se propaga na corda terá uma velocidade que depende da tensão a que a corda é submetida, das qualidades materiais da corda como a densidade, a sua elasticidade que vão depender da espessura e do material da corda. **Caso a corda tenha um fator de dispersão não linear a velocidade da onda também dependerá da forma que a oscilação é impulsionada por mim. Este fator de dispersão depende*** [sua resposta acaba por aqui, sem qualquer sinal de continuação ou pontuação]

Observando o recorte anterior, é possível reconhecer que o licenciando_05 elabora o início de sua resposta sustentada em conceitos que foram mapeados como indicadores significativos, ao tratar a velocidade de propagação de uma onda num determinado meio. A continuação de sua argumentação, que poderia ter sido finalizada na primeira frase, oferece um indício de sua insatisfação em apenas retratar a velocidade de propagação de uma onda com tais conceitos, possibilidade para uma investigação com base em entrevista, na qual foram recolhidos os seguintes dados, ao ser perguntado novamente sobre a 1ª questão:

(L. 15 – Entrevista – 1º trecho) *Como a corda não é um meio ideal, e não é um meio não dispersivo, ele [o meio] tem uma relação de dispersão, cada frequência que eu soltar nela [a corda], vai ter uma velocidade diferente, então a frequência com que eu vou oscilar a corda também vai interferir na velocidade que ela anda. Mas pra uma corda grande assim, uma corda de pesca que eu for vibrar preso numa parede,*

é eu acho difícil uma frequência diferente com ondas é visíveis, com uma amplitude razoavelmente grande com uma frequência razoavelmente baixa, né que a gente consegue fazer com a mão, não vai interferir a frequência basicamente é a tensão e o coeficiente elástico.

O trecho anterior revela a consideração feita pelo licenciando_05 sobre o meio de propagação da onda e que, mesmo categorizando o meio como dispersivo, não oferece nenhuma explicação no trecho sobre o fator. Quando questionado diretamente sobre o significado do fator de dispersão, sua explicação foi:

(L. 15 – Entrevista – 2º trecho) *Tem a ver com a interação, com o acoplamento das moléculas no ar [dentro do contexto da segunda questão, sobre a velocidade de propagação da onda sonora no ar]. Seriam as forças de Van der Waals, principalmente entre as moléculas de água, no ar, acho que mais interfere, e as outras relações elétricas que tem no ar que não são uma colisão perfeitamente elástica, se as colisões fossem perfeitamente elásticas, no ar, seria uma relação de dispersão linear, mas como não são totalmente, é uma relação não linear. É um meio dispersivo.*

Mesmo reunindo outros conceitos para explicar sobre o significado da dispersão no contexto da velocidade de propagação, somente após muita leitura dos vários trechos da entrevista, foi possível entender que a dispersão à qual se referia estava associada à ligação entre as moléculas que constituíam o meio. Sua argumentação sobre a dispersão mostrou-se excessivamente confusa, de forma a questionar qual sua real importância na explicação do fenômeno.

Unidade de Registro (4): apresenta os indicadores e procura explicar, mas sua argumentação se mostra incompleta.

Ao considerar a primeira questão:

(L. 06 – 1º questionário) *São vários os fatores que influenciam, como a densidade da corda, a tensão ao qual ela está submetida (o quanto ela está esticada).*

Aqui, mesmo reconhecendo os elementos, não apresenta uma relação entre eles que possa refletir na velocidade de propagação de uma onda na corda. No segundo questionário:

(L. 06 – 2º questionário) *A tensão a qual a corda está submetida pode ser que ao longo do percurso do pulso eu estique mais a corda, o que influencia na velocidade de propagação. A corda pode ser composta de diferentes materiais ao longo de seu comprimento, o que influencia na velocidade do pulso.*

Novamente, mesmo reconhecendo parcialmente os conceitos, o licenciando não constrói argumentação para todos os conceitos inseridos, deixando de lado a relação entre eles.

Unidade de Registro (5): os indicadores pertinentes à propagação da onda mecânica se apresentam, contudo, não há argumentação.

Ao considerar a primeira questão:

(L. 10 – 1º questionário) *A densidade linear e a tensão da corda.*

(L. 10 – 2º questionário) *A densidade linear da corda, a tensão. De acordo com a fórmula que relaciona essas três grandezas.*

As respostas do licenciando, no primeiro e no segundo questionários, praticamente são as mesmas, pois sua resposta no segundo questionário apresenta apenas a inserção do reconhecimento de uma relação entre as grandezas. Mesmo os elementos julgados como pertinentes para a argumentação sobre a propagação de um pulso em uma corda serem apresentados, pouco se pode falar sobre o entendimento do licenciando. Por isso, neste caso, durante a entrevista, foi encaminhado um aprofundamento sobre essa questão, e, na entrevista, quando perguntado diretamente qual seu entendimento sobre tensão, ele fez a seguinte referência:

(L. 10 – Entrevista – 1º trecho) *Na verdade eu tinha pensado em uma fórmula né... Naquela fórmula que relaciona tensão com a densidade linear, não tem, então eu tinha pensado nisso.*

Claramente, na entrevista, o licenciando associou sua argumentação à relação matemática que havia tido contato nas disciplinas de Física Básica, conforme seu relato.

(L. 10 – Entrevista – 2º trecho) *Depois quando eu fui pra casa, parei pra pensar, **daí lembrei daquelas aproximações que tinha em Física 2**, você considerava um ponto, você considerava o que tinha massa também, aí eu falei, caramba. Na hora eu só lembrei daquela fórmula,*

pensei em propagação de ondas, na verdade eu lembro principalmente de duas extremidades fixas. Nesta daqui a parte de uma extremidade, que uma delas ser livre, só lembrei daquela parte, para saber se ela volta da mesma fase ou não.

Somente após alguma insistência por parte da pesquisadora é que o licenciando desligou-se apenas do argumento fundado na relação matemática:

(L. 10 – Entrevista – 3º trecho) *Eu não lembro direito como é a equação a corda estando bem esticada, a onda se propaga mais facilmente, né?[...] Quando eu penso em tensão eu penso na corda de violão, que ela fica bem, tanto que você bate na corda você não vê ela subindo e descendo, ela chacoalha inteira né?*

O licenciando_10 não teve seu Projeto Temático associado aos conceitos de Física Ondulatória, assim, mesmo que tenha acompanhado a explicação de seus colegas nos seminários sobre a temática envolvendo o campo conceitual de Ondulatória, não mostrou um diferencial em sua argumentação, revelando, em sua fala, o que de significativo permaneceu da “Física 2”.

Unidade de Registro (6): apresenta-se parte os indicadores esperados, associados às concepções alternativas ou apresentam-se concepções alternativas.

Ao considerar a primeira questão:

(L. 12 – 1º questionário) *Aplicando uma força na extremidade de uma corda, essa oscilação será periódica, essa velocidade será dada pela equação $v = \lambda \cdot f$. Se essa corda for agitada em um número maior de vezes, a velocidade será alterada pelo aumento da frequência da fonte geradora, de forma diretamente proporcional.*

O licenciando mostra-se apegado à concepção de que a velocidade é determinada por uma fonte de oscilação em determinada frequência, não considerando o meio elástico e sua força de restauração na passagem do pulso. Seu apego mostra-se consolidado de tal maneira que justifica a indicação da frequência pela fonte geradora, como também é retratado na resposta da segunda etapa de coleta de questionários.

(L. 12 – 2º questionário) *A frequência em que empregamos a oscilação na corda, influencia a velocidade de maneira diretamente proporcional.* [no canto esquerdo do questionário, espaço reservado para a resposta, aparece a relação $v = \lambda.f$] *Analizando também a equação*

$$v = \sqrt{T/\rho}$$

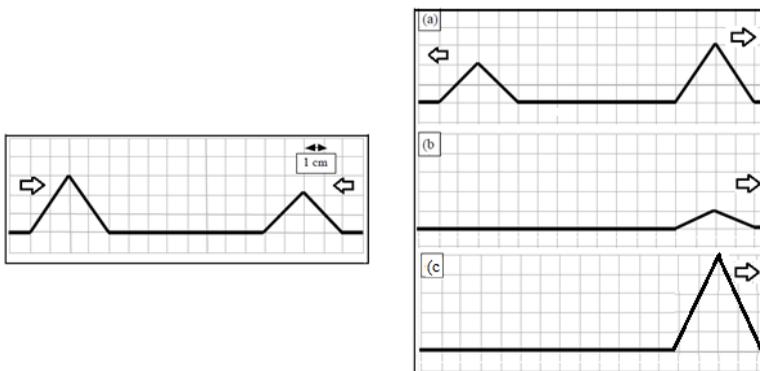
, vemos que a força aplicada na corda e a densidade da mesma também influenciam na velocidade da mesma, assim quanto maior a tensão aplicada, maior a velocidade. E quanto maior a densidade da corda, menor será a velocidade de propagação dessa mesma.

Verifica-se um impasse, pois o licenciando que apresentou tal resposta participou da elaboração de um Projeto Temático no qual predominavam os conceitos sobre ressonância em ondas e ondas estacionárias. Possivelmente, o apego a estes conceitos principais tenha afastado o licenciando de uma reflexão mais aprofundada sobre o meio ou a concepção antiga do licenciando mostrou-se mais expressiva, pois, no segundo questionário, percebe-se a presença de ambas.

Questão 3

Para a superposição num certo meio, ocorrida como na figura da esquerda, qual seria para você, o resultado mais adequado: a ou b na figura da direita? Explique por quê?

Figura 1 – Figura utilizada na questão 3



Fonte: (WITTMANN, 1999, p 2 - MODIFICADO)

Considerações sobre a questão:

A necessidade de inserir a questão em análise foi retirada do artigo “Making Sense of How Students Make Sense of Mechanical Waves”, o qual evidencia a dificuldade dos licenciandos em desvincular as comparações entre o ponto de encontro das ondas – superposição – e as situações nas quais ocorrem colisões perfeitamente inelásticas entre partículas. No princípio da superposição, considera-se o ponto de encontro entre duas ondas, os pulsos se superpõem passando um sobre o outro, não oferecendo interferência sobre a continuidade de seus movimentos, assim, “superposição das ondas ocorrem pela adição individual de deslocamentos ponto por ponto, em determinado intervalo de tempo”. (WITTMANN, 1999, p. 2). Para as argumentações desenvolvidas pelos licenciandos, esperava-se reconhecer características específicas do movimento ondulatório.

Para a análise dos dados, foram reconhecidos como indicadores a sobreposição, a interferência; os tipos de interferência como destrutiva e construtiva; e o aumento de amplitude no momento do encontro.

Tabela 2 – Enquadramento das respostas da 3ª questão em unidades de registro.

Antes	Depois	Mudança de nível	Unidades de Registro:
02; 03; 04; 07; 14; 19; 21; 22.	02; 03; 04; 05; 12; 13; 14; 19; 20; 21; 22; 24.	07	(1) Alternativa correta com argumentação completamente satisfatória, por incluir uma explicação sobre o ponto de encontro.
08; 10; 13; 15; 16; 18; 23; 24.	01; 06; 08; 09; 10; 15; 16; 18; 23;	13; 24.	(2) Alternativa correta com explicação satisfatória, pois o reconhecimento dos indicadores é parcial.
01; 05; 06; 20.	07;	01; 05; 06; 20.	(3) Indicação dos conceitos envolvidos, contudo, com argumentação limitada.
09; 12.		09; 12.	(4) Alternativa correta sem explicação.

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

Unidade de Registro (1): alternativa correta com argumentação completamente satisfatória, por incluir uma explicação sobre o ponto de encontro.

Ao considerarmos a questão 3, obtiveram-se as seguintes respostas do licenciando_19:

(L. 19 – 1º questionário) *O resultado mais adequado é a letra a. As ondas quando se encontram interferem, mas não mudam suas características, ou seja, a partir do momento em que elas deixam de estar em contato, elas deixam de interferir e continuam da forma em que estavam antes do encontro.*

(L. 19 – 2º questionário) *O resultado mais adequado é o representado na figura a. Quando os dois pulsos se encontram eles sofrem um fenômeno chamado interferência. Este fenômeno é característico de ondas. A interferência só ocorre no momento em que os dois pulsos se encontram sem que isso altere as características individuais de cada pulso (amplitude, velocidade) ou seja após o momento em que se interferem os dois pulsos continuam seu movimento como se o outro não existisse.*

Inicialmente, pôde-se observar o reconhecimento do licenciando sobre uma das características do comportamento ondulatório: a interferência. No primeiro questionário, aparentemente, sua preocupação foi apenas a de justificar a escolha feita, não explicando o porquê. Já no segundo questionário, ele reconhece a característica do comportamento ondulatório e explica sobre a interferência ocorrida na figura. Na entrevista:

(L. 19 – Entrevista – 1º trecho) *É a gente tá falando de ondas, então as ondas quando elas se encontram, elas têm propriedades diferentes de partículas, e na verdade o que acontece quando duas ondas se encontram é o que caracteriza uma onda. Então, acontece que elas interferem, e aí elas vão se sobrepor só naquele instante em que elas se encontram e depois daquele instante, quando elas deixarem de estar juntas, elas vão seguir normalmente, como se nunca tivessem encontrado uma a outra, e esse encontro é chamado de interferência. E dependendo das propriedades de cada onda, no momento em que elas interferem a gente pode ter interferências destrutivas ou construtivas.*

Portanto, sua maior contribuição aparece no trecho da entrevista em que, quando questionado novamente sobre a figura, o licenciando mostra um afastamento da concepção equivocada, que já havia sido delineada em pesquisas, reconhecendo um comportamento diferenciado entre ondas e partículas no momento de encontro, e finaliza indicando

outros elementos, como a caracterização da interferência. Quanto à sua classificação na seção 1, verifica-se que se manteve, mas constata-se um avanço quanto a seus argumentos.

Unidade de Registro (2): alternativa correta com explicação satisfatória, pois o reconhecimento dos indicadores é parcial.

(L. 15 – 1º questionário) *(a) Porque ela representa como o sistema ocorrerá após um certo tempo, após um pulso sobrepor o outro e seguir sua trajetória independente desse.*

(L. 15 – Entrevista – 1º trecho) *Ah, que no momento de encontro um se soma ao outro, e como elas tão no mesmo sentido assim, da onda transversal, elas são dois pulsos que estão pra cima, nesse desenho, elas vão se somar e vai estar um pico mais alto ainda quando elas se encontrarem, e aí logo depois que elas passarem, vão voltar a ter a forma que tinham antes, se propagando no mesmo sentido que os pulsos já tavam se propagando.*

O licenciando argumenta de forma satisfatória, contudo, no momento de argumentar sobre a interferência construtiva entre as ondas, não sinaliza o porquê ou como essa interferência ocorre, simplesmente aponta para o produto que é o aumento do pico ou aumento de amplitude.

Unidade de Registro (3): indicação dos conceitos envolvidos, contudo, com argumentação limitada.

(L. 05 – 1º questionário) *(a), pois uma onda não interfere na propagação da outra;*

(L. 05 – 2º questionário) *(a), pois os pulsos continuam a se propagar independentemente.*

Pode-se observar que, para o licenciando_05, suas duas respostas remetem apenas ao momento posterior ao encontro das ondas, mas se, ao argumentar sobre essa resposta resumida, poderá parecer vago, mostra-se a necessidade de considerar alguns trechos da entrevista, quando perguntado sobre a mesma questão.

(L. 05 – Entrevista – 1º trecho) *Porque matematicamente é bem fácil de ver isso aí sabe, [referindo-se à soma de amplitudes] Não tem*

dependência de uma com a outra, então se propagam independentemente, mas espera aí, me deixa pensar aqui... tá, no meio o que acontece... é que se elas tão, essas forças do eixo y, aqui no mesmo sentido, elas acabam se somando e levam a corda mais pra cima, com o mesmo sentido né, elas se somam.

Mesmo que nos questionários suas respostas tenham sido resumidas, na entrevista, o licenciando_05 apresentou um progresso em sua argumentação, pois estabeleceu uma hipótese para responder ao aumento de amplitude no ponto de encontro, como se pode observar nas partes destacadas.

(L. 05 – Entrevista – 2º trecho) *Por exemplo, se eu tenho um pulso, assim e outro assim [apresenta um desenho de uma interferência destrutiva], dois contrários se eles se juntam, fica assim naquele ponto, a energia cinética numa onda, ela é proporcional à amplitude ao quadrado, se eu não tenho amplitude eu não tenho energia, mas pra onde... mas depois continua, então eu tenho energia aqui, então aqui o que foi que aconteceu? Não sei? Não tenho uma boa resposta pra isso, mas não foi por falta de questionamento...*

É interessante notar que o licenciando_05 não se conteve apenas à situação da pergunta como no questionário. Na entrevista, estendeu-a a outra condição, como apresentada no trecho da entrevista, que não foi satisfeita por ele. As respostas dos dois questionários são semelhantes, mas os dados obtidos na entrevista revelam-se como um diferencial, a ponto de enquadrá-lo em outra unidade de registro por atender a todos os indicadores. Tal circunstância mostra as limitações em se utilizar apenas um instrumento de pesquisa.

Unidade de Registro (4): Alternativa correta sem explicação.

(L. 12 – 1º questionário) *Figura (a);*

(L. 12 – 2º questionário) *(a) Pois o princípio da superposição diz que cada perturbação age independentemente uma da outra em um ponto qualquer. Assim quando elas se encontram, interferência construtiva, teremos as amplitudes das mesmas somadas, posteriormente ambas seguirão livremente seu sentido de propagação, sem qualquer perda de configuração.*

Ao se considerar o contraste entre a primeira e a segunda resposta, pode-se reconhecer os elementos que caracterizam o comportamento ondulatório na segunda resposta, contudo, pouco se pode atribuir à evolução de sua argumentação, porque a falta da

construção de uma explicação na primeira resposta configura uma série de possibilidades, como indisposição em responder um questionário ou falta de um entendimento sobre a situação.

Questão 04

O que é ressonância em ondas? E quais as condições para que a ressonância aconteça?

Considerações sobre a questão 4:

Conceitos físicos como os de ressonância ou ondas estacionárias tornam-se complexos para a construção de um entendimento devido às abstrações e/ou condições para idealizações aos quais estão associados. Muitas vezes, um falso entendimento é retratado ao apenas associar um conceito ao acontecimento. Como, “o que é ressonância em ondas?” A ponte de Tacoma e o vento entraram em ressonância, e este foi o motivo pelo qual ela caiu. Não há uma argumentação sobre o que é ressonância, apenas uma justificativa para um evento. E é esta argumentação que se busca encontrar ao optar por esta questão, como os licenciandos argumentam sobre o conceito de ressonância após a elaboração do Projeto Temático? Na pesquisa feita, seu tema possibilitou a construção de seu entendimento sobre o conceito físico de maneira geral, ou mostra-se preso ao contexto do tema adotado? Para a análise dos dados, foram reconhecidos como indicadores: frequência natural de oscilação e aumento de amplitude.

Tabela 3 – Enquadramento das respostas da 4ª questão em unidades de registro

Antes	Depois	Mudança de nível	Unidades de Registro
05; 15; 18; 21.	01; 05; 15 18; 19; 22; 23; 24.	21	(1) Argumenta e reconhece corretamente os indicadores.
09	09		(2) Reconhece alguns indicadores e limita a ressonância para um meio material e/ou associa a ressonância à variação de frequência natural de outro sistema.
01; 03; 10; 12; 19; 23; 24.	03; 10; 12; 13; 21.	01; 19; 23; 24.	(3) Ao argumentar, confunde a ressonância com a interferência e superposição em ondas, não conceituando de forma coerente,

			contudo reconhece a frequência natural de oscilação e/ou o aumento de amplitude.
02; 04; 06; 07; 08; 13; 14; 16; 20; 22.	02; 04; 07; 08; 14; 16; 20.	06; 13; 22.	(4) Não define corretamente e não reconhece os indicadores de ressonância em ondas.
	06		(5) Não respondeu.

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

Unidade de Registro (1): argumenta e reconhece corretamente os indicadores.

(L. 15 – 1º questionário) *Ressonância é quando dois sistemas oscilantes conectados de alguma forma transmitem a vibração de um para o outro numa mesma frequência. Os fatores relacionados são as frequências naturais de cada sistema, onde cada um tem uma tendência a oscilar e ao vínculo entre os sistemas.*

(L. 15 – 2º questionário) *Ressonância é um fenômeno relacionado a corpos oscilantes que ocorre quando, através de um vínculo entre eles, um provoca no outro uma força periódica na mesma **frequência de oscilação natural do outro corpo**, isto é, na mesma frequência que o outro já oscilaria por conta própria. Para a ressonância acontecer ambos os corpos devem oscilar na mesma frequência e possuir algum vínculo entre eles.*

Observando as respostas construídas pelo licenciando_15, é possível reconhecer os elementos conceituais que caracterizam o fenômeno da ressonância. É interessante notar também que a parte destacada da segunda questão traz uma argumentação sobre o que seria a frequência natural, ou seja, visivelmente sua argumentação conta com um rigor conceitual e ultrapassa a possibilidade de apenas citar o conceito e tratá-lo de forma abstrata.

Unidade de Registro (2): reconhece alguns indicadores e limita a ressonância para um meio material e/ou associa a ressonância à variação de frequência natural de outro sistema.

(L. 09 – 1º questionário) *É quando um **meio material** atinge a mesma frequência fundamental de um outro meio próximo. Frequência.*

(L. 09 – 2º questionário) *Ressonância é quando **um objeto** tem a mesma frequência **fundamental de outro objeto**;*

Nas duas respostas, a ressonância é apenas considerada em meios materiais ou objetos, não apresenta nenhum apontamento sobre ressonância em ondas eletromagnéticas. Além de, equivocadamente, atribuir à frequência a possibilidade de variação para atingir a igualdade com a frequência de outro sistema. Reconhece a frequência como elemento mas não explica o porquê da consideração.

Unidade de Registro (3): ao argumentar, confunde a ressonância com a interferência e superposição em ondas, não conceituando de forma coerente, contudo reconhece a frequência natural de oscilação e/ou o aumento de amplitude.

(L. 12 – 1º questionário) *A ressonância é um fenômeno que ocorre quando dá-se o **encontro** de duas ou mais ondas de mesma frequência natural de oscilação, acarretando uma alteração na sua amplitude, **no momento de encontro**.*

(L. 12 – 2º questionário) *Ressonância é uma propriedade que não acontece **isoladamente**, precisamos de mais que uma onda para que ela aconteça, assim quando certos tipos de onda com frequências bem determinadas **se superpõem**, temos o surgimento de ondas estacionárias.*

Nas duas respostas, apresentam-se os elementos conceituais esperados, que são reconhecidos no fenômeno da ressonância, contudo, sua concepção sobre a ressonância apresenta-se relacionada com a interferência e com a superposição no momento de encontro, limitando sua argumentação a uma concepção equivocada.

Unidade de Registro (4): não define corretamente e não reconhece os indicadores de ressonância em ondas.

(L. 14 – 1º questionário) *Ressonância é quando as ondas oscilam em mesma frequência. Frequência e amplitude.*

(L. 14 – 2º questionário) *Para haver ressonância a onda deve estar confinada. A ressonância é um efeito em que as ondas oscilam com mesma frequência em sincronia.*

Quanto ao reconhecimento dos elementos, muito pouco muda da primeira para a segunda resposta, o licenciando_14 cita a amplitude no primeiro questionário, contudo fora de uma argumentação associada ao conceito de ressonância. É interessante notar que, no segundo questionário, a ressonância deve apresentar-se dependente do confinamento da onda, retratando uma confusão entre o conceito de ressonância em ondas e ondas estacionárias. Essa confusão pode ser gerada pela falta de entendimento entre os dois conceitos, como também o reconhecimento do conceito em um contexto muito específico, por isso necessitou-se de uma investigação mais aprofundada em uma entrevista, da qual são apresentados alguns trechos a seguir:

Quando refeita a pergunta do questionário, o licenciando_14 respondeu: (L. 14 – Entrevista – 1º trecho) *É que, pra haver ressonância a onda tem que tá,... **confinada**, isso é uma condição pra que haja a ressonância, e...*

Quando questionado sobre o contexto onde percebia a ressonância, a resposta foi:

(L. 14 – Entrevista – 2º trecho) *Sim, eu sempre penso no violão que é ressonância, e é **uma onda limitada** né, naquele comprimento, ou a **ressonância Schumann**, que eu lembrei, nessa questão eu lembrei do trabalho da **ressonância Schumann**...*

(L. 14 – Entrevista – 3º trecho) *É então, quando fala em ressonância eu lembro daquela, daquela **ponte que entrou em ressonância** e daí, tipo a ponte vibrou na mesma frequência que o vento no caso, que o ambiente ali né, daí por isso que ela entrou em ressonância daí, ela não sei. **Não entendo direito esse conceito de ressonância, pra mim eu sempre, meio que passei batido, porque é muito difícil, eu não entendo direito.***

Nos trechos destacados, o licenciando_14 tenta expor seu entendimento dentro da confusão existente entre o conceito da ressonância e ondas estacionárias, por isso apresenta elementos dos dois conceitos, porém, não consegue explicá-los, pois os significados para estes conceitos estão presos aos contextos dos fenômenos físicos que são explicados por eles, como a ressonância na ponte de Tacoma ou o

Projeto Temático apresentado pelos colegas com o Tema de Ressonância Schumann, ou em instrumentos musicais. Isto é, apenas o contexto que está associado ao conceito é retratado, e não o entendimento do conceito.

Unidade de Registro (5): Não respondeu.

(L. 06 – 1º questionário) *Quando eu tenho um pulso se propagando em determinado meio, e neste meio existe uma fonte que possui uma determinada frequência que faz com que o pulso seja amplificado. Fonte transmite energia ao pulso.*

(L. 06 – 2º questionário) [Não respondeu]

Inicialmente, ao indicar um pulso, o licenciando_06 retira a possibilidade de considerar a propagação de uma onda com determinada frequência e, ao longo da resposta, não reconhece a frequência natural de oscilação. Apenas reconhece a amplitude como um efeito, sem explicar como ocorre a relação da ressonância com o aumento da amplitude. No segundo questionário, sua falta de resposta configura várias possibilidades, como indisposição em responder um questionário ou a falta de um entendimento sobre a situação, como verificado no primeiro questionário.

Questão 05

O que é uma onda estacionária e o que a caracteriza?

As considerações sobre a questão 5 são as mesmas da questão 4.

Para a análise dos dados, foram reconhecidos como indicadores: ondas estacionárias, nós e ventres, harmônicos, frequência fundamental e o confinamento da onda.

Tabela 4 – Enquadramento das respostas da 5ª questão em unidades de registro -

Antes	Depois	Mudança de nível	Unidades de Registro
01; 03; 20; 21.	01; 04; 05 06; 13; 15; 19; 20; 21; 22; 24.	03	(1) Reconhece o confinamento de uma onda estacionária, descreve suas características e seus indicadores, argumentando corretamente.
12	09; 12.		(2) A onda estacionária apresenta sua

			validade apenas para sistemas mecânicos. Reconhece apenas seu confinamento, e, com isso, parte dos indicadores.
04; 15.		04; 15.	(3) Argumenta, mas reconhece parcialmente os indicadores que caracterizam a onda estacionária.
02; 05; 06; 08; 14; 22; 23; 24.	02; 03; 08; 10; 14; 18.	05; 06 22; 23; 24	(4) Reconhece os indicadores, mas não argumenta com clareza.
07; 10; 13; 16; 19.	16; 23.	07; 10; 13; 19.	(5) Não define e não reconhece os indicadores.
09; 18.	07.	09; 18.	(6) Não respondeu.

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

Unidade de Registro (1): reconhece o confinamento de uma onda estacionária, descreve suas características e seus indicadores, argumentando corretamente.

(L. 15 – 1º questionário) *Uma onda estacionária é uma onda confinada, o que a caracteriza são o seu comprimento e alguns pontos que não se movem (os nós).*

(L. 15 – 2º questionário) *É uma onda confinada no espaço. Ela oscila sem propagar o sinal no espaço. As ondas estacionárias têm uma restrição de frequências que pode oscilar, que depende do espaço em que ela está confinada. As frequências “permitidas” para uma onda estacionária oscilar são chamados de harmônicos, que em geral podem cobrir uma gama de infinitas frequências num conjunto limitado, por exemplo: uma onda numa corda presa em dois lados pode vibrar apenas em comprimentos de onda menores que metade do comprimento da corda, podendo assim, qualquer comprimento de onda neste intervalo.*

No primeiro questionário, o licenciando_15 ateu-se apenas à exposição dos elementos conceituais que caracterizam uma onda estacionária. Já no segundo questionário, o licenciando_15 amplia sua argumentação sobre o confinamento de uma onda estacionária e insere uma explanação sobre a frequência fundamental de oscilação, mesmo

não a nomeando como tal. Assim, pode-se deparar com uma evolução visível quanto à sua argumentação.

Unidade de Registro (2): a onda estacionária apresenta sua validade apenas para sistemas mecânicos. Reconhece apenas seu confinamento, e, com isso, parte dos indicadores.

(L. 12 – 1º questionário) *Uma onda estacionária é uma **onda mecânica**, cujo seu caminho de deslocamento é delimitado.*

(L. 12 – 2º questionário) *Onda estacionária é aquela que encontra-se **confinada em um meio**. Algumas características particulares dessas ondas são que, para certas frequências, elas têm a capacidade de formar harmônicos.*

A argumentação estabelecida pelo licenciando_12 aponta para um reconhecimento específico para ondas mecânicas e para a característica de confinamento da onda, mas o delineamento oferecido não esclarece o porquê das especificidades.

Unidade de Registro (3): argumenta, mas reconhece parcialmente os indicadores que caracterizam a onda estacionária.

(L. 04 – 1º questionário) *Uma onda estacionária é uma onda confinada no espaço e se caracteriza pelo fato de ter a sua amplitude oscilando em movimento harmônico simples.*

(L. 04 – 2º questionário) *Uma onda estacionária é uma onda confinada numa região do espaço. Ela apresenta modos (estáticos) e ventres que oscilam com amplitude máxima. Somente certas frequências, numa determinada região, podem fazer com que isso ocorra.*

O primeiro questionário, razão pela qual se enquadra nesta unidade de registro, não apresenta uma argumentação sobre a frequência fundamental, sua resposta aponta para alguns conceitos que caracterizam a onda estacionária, mas não explica sua inserção.

Unidade de Registro (4): reconhece parcialmente os indicadores, mas não argumenta com clareza.

(L. 14 – 1º questionário) *Ondas estacionárias têm nós, nas extremidades isso é característica de uma onda estacionária e sua oscilação é periódica.*

(L. 14 – 2º questionário) *Onda estacionária é a onda confinada, ela tem números inteiros de meio comprimento de onda $n\lambda/2 = L$*

Suas respostas nos dois questionários estão associadas apenas à caracterização da onda estacionária, assim, mesmo adicionando a representação matemática ao final da resposta para o segundo questionário, o licenciando_14 não argumenta com clareza ou expõe outros elementos sobre o que lhe é perguntado.

(L. 14 – Entrevista) ***Ah ... ops, uma onda estacionária? e... é ... Uma onda estacionária... é, uma corda no violão é uma onda estacionária, e ela só faz o dó certinho porque ela entra em ressonância, né? É então, onda estacionária ela tem os nós bem definidos, iche, não me lembro, o que eu coloquei aí é o que eu tinha falado na parte de ressonância né?***

Com a entrevista, pode-se constatar que existe uma confusão sobre seu entendimento sobre ressonância e ondas estacionárias, pois, o estudante acaba respondendo sobre a caracterização de onda estacionária na questão sobre ressonância e, quando perguntado sobre onda estacionária, esboça uma expressão de surpresa por ter respondido na questão anterior o que julgava também como características de onda estacionária. Em sua fala, e também na exemplificação de um evento o qual reconhece sua inserção, verifica-se que a argumentação sobre o conceito está associada à abstração de outros conceitos.

Unidade de Registro (5): não define e não reconhece os indicadores.

(L. 07 – 1º questionário) *Ondas que possuem comportamento periódico bem definido;*

(L. 07 – 2º questionário) [Não respondeu]

Não apresenta conceitos pertinentes para a caracterização e, em sua argumentação, não esclarece qual seu entendimento sobre as ondas estacionárias.

Unidade de Registro (6): não respondeu.

(L. 09 – 1º questionário) [Não respondeu]

No primeiro questionário, sua falta de resposta configura várias possibilidades, como indisposição em responder um questionário ou falta de um entendimento sobre a situação.

Partindo da hipótese de que os licenciandos apresentariam alguma evolução entre a primeira e segunda coleta de questionários, mapearam-se as possibilidades encontradas nas repostas sobre tal evolução. As unidades de registro configuram tais possibilidades para futura categorização, pois, para esta etapa da pesquisa, não se contou com uma projeção teórica sobre a análise. Bardin (1994) denomina tal opção, como análises feitas por computadores, “[...] um método de análise de conteúdo que permitirá ao utilizador descobrir alguma coisa a respeito dos seus dados sem ter que produzir categorizações a priori nas quais os possa classificar” (p.146).

Para o processo de categorização:

Ao longo da codificação, os questionários foram enquadrados conforme a argumentação desenvolvida sobre seus indicadores, e tal enquadramento estabeleceu-se no que havia em comum, constituindo as unidades de registro, ou seja, aproximadamente cinco por questão. No passo seguinte, para a estrutura da categorização, procurou-se isolar os elementos, reparti-los de maneira a encontrar certa organização às mensagens (BARDIN, 1994). Inicialmente, observou-se o seguinte: nas unidades de registro, havia um padrão no qual se enquadravam as respostas dos licenciandos, o quais não apenas explicavam o conceito perguntado, com base em uma definição literal, mas elaboravam uma argumentação na qual inseria uma relação com outros conceitos que caracterizavam o conceito principal, reduzindo a abstração dos conceitos envolvidos em uma situação, justificando tal especificidade.

Tabela 5 – Enquadramento das unidades de registro no padrão 1 de respostas

Questões: 1 e 2	3	4	5
<p>Padrão 1</p> <p>Unidades de Registro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Todos os indicadores apresentam-se associados a argumentação coerente; 2. Aparecem os indicadores na argumentação sobre a onda mecânica de forma coerente de maneira geral, contudo, ao se tratar de um pulso transversal na primeira questão e de uma onda longitudinal na segunda questão, apresentam-se confusões de forma sutil em um tipo de onda, seja na primeira, seja na segunda. 3. Reconhece os indicadores, começa sua resposta com argumentação adequada, contudo conclui sua resposta de forma confusa, com a inserção de outros indicadores. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alternativa correta com argumentação completamente satisfatória, por incluir uma explicação sobre o ponto de encontro. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Argumenta e reconhece corretamente os indicadores. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconhece o confinamento de uma onda estacionária, descreve suas características e seus indicadores, argumentando corretamente.

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

Em tal padrão, desponta uma categoria de respostas encontradas em todas as questões; os licenciandos, num primeiro momento, expõem os conceitos físicos pertinentes à questão e, posteriormente, delineiam uma condição para validar a inserção de tais conceitos e, se possível, finalizando como no caso das primeiras questões, uma relação de proporção entre os conceitos. Essa categoria a qual se denomina como **Atribuindo significado** mostra-se como o padrão de respostas mais adequado, podendo servir de parâmetro para a avaliação sobre a evolução das respostas entregues.

O próximo padrão observado nas respostas entregues apresenta-se quando o licenciando tenta construir uma argumentação sobre o conceito questionado, mas insere apenas parte dos conceitos que caracterizam o conceito principal, deixando sua argumentação incompleta. A tabela a seguir traz quais unidades de registro revelam este padrão:

Tabela 6 – Enquadramento das unidades de registro no padrão 2 de respostas.

Questões: 1 e 2	3	4	5
Não há indicação deste padrão.	2. Alternativa correta com explicação satisfatória, pois o reconhecimento dos indicadores é parcial.	2. Reconhece alguns indicadores e limita a ressonância para um meio material e/ou associa a ressonância à variação de frequência natural de outro sistema.	2. A onda estacionária apresenta sua validade apenas para sistemas mecânicos. Reconhece apenas seu confinamento, e com isso parte dos indicadores. 3. Argumenta, mas reconhece parcialmente os indicadores que caracterizam a onda estacionária.
Padrão 2 Unidades de Registro:			

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

A ausência de parte dos conceitos delineados como indicadores oferece duas hipóteses: os conceitos não foram apresentados, pois não foram reconhecidos como relevantes para constituir tal resposta; ou, mesmo o licenciando entendendo e reconhecendo sua importância na constituição da resposta, não insere os conceitos devido à dificuldade em argumentar sobre eles, deixando a resposta incompleta. Para tanto, denomina-se esse padrão de **Argumentação incompleta**.

Outro padrão que se pode reconhecer ao verificar as unidades de registro seria o reconhecimento dos conceitos que estão associados ao conceito principal, mas não há uma argumentação suficiente para justificar sua inserção. Como se a inserção linear dos conceitos se justificassem por si, tal padrão é denominado como **Reconhecimento de conceitos físicos**.

Tabela 7 – Enquadramento das unidades de registro no padrão 3 de respostas.

Questões:	1 e 2	3	4	5
Padrão 3 Unidades de Registro:	4. Apresenta parte dos indicadores e procura explicá-los, mas sua argumentação não se mostra suficiente. 5. Os indicadores pertinentes à propagação da onda mecânica se apresentam, contudo, não há argumentação.	3. Indicação dos conceitos envolvidos, contudo a argumentação é limitada.	3. Ao argumentar, confunde a ressonância com a interferência e superposição em ondas, não conceituando de forma coerente, contudo reconhece a frequência natural de oscilação e/ou o aumento de amplitude.	4. Reconhece os indicadores, mas não argumenta com clareza.

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

Nas unidades de registro reconhecidas anteriormente, observa-se a dificuldade em construir uma argumentação, na qual os licenciandos apenas indicam corretamente os conceitos envolvidos. Tal situação evidencia a dificuldade em construir uma argumentação distanciada de uma relação matemática ou de uma associação direta com um evento para exemplificação.

E, por fim, para o último padrão, encontraram-se unidades de registro que descrevem a dificuldade dos licenciandos em construir uma

argumentação ou um reconhecimento de outros conceitos, além disso, também foi encontrada a inserção de concepções alternativas.

Tabela 8 – Enquadramento das unidades de registro no padrão 4 de respostas

Questões:	1 e 2	3	4	5
Padrão 4 Unidades de Registro:	6. Apresenta parte dos indicadores esperados, associados a concepções alternativas ou apresentam-se concepções alternativas.	4. Alternativa correta sem explicação.	4. Não define e não reconhece os indicadores.	5. Não define e não reconhece os indicadores.

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

No último padrão, denominado de **Pouca familiaridade com os conceitos físicos questionados**, os licenciandos revelaram pouca ou nenhuma coerência em suas respostas, tal afastamento delineia um obstáculo no entendimento dos conceitos questionados.

A intencionalidade em destacar o que há de comum nas unidades de registro, por meio de padrões, revela a possibilidade de tratar tais padrões como categorias. Para Bardin (1994), “[...] as categorias, são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamentos esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos”. (p. 117). Com base em Bardin (1994), alguns critérios foram imprescindíveis para a construção das categorias empíricas, tendo em vista a natureza da pesquisa, resultando nas seguintes: atribuindo significado; argumentação incompleta; reconhecimento de conceitos físicos; e pouca familiaridade com os conceitos físicos questionados. Dentre os critérios atendidos: está **a homogeneidade**, na qual todas as categorias se referem a um pressuposto inicial, no entanto, cada categoria criada apresenta um posicionamento diferente do mesmo; está **a produtividade**, se, por meio de determinada categoria, é possível obter resultados que indiquem novas hipóteses; está **a exclusividade**, em que uma mesma unidade de registro não pode ser classificada em duas categorias diferentes; estão a objetividade e a fidelidade, nas quais a codificação deve ocorrer com base nas mesmas variáveis do início ao fim, retratando a importância de tais variáveis, as quais, por sua vez, no caso da pesquisa transcorrida, seriam os conceitos mapeados e como eram argumentados tais conceitos; e, por fim, está **a adequação ou pertinência**, que as

categorias respondem à intenção da investigação e às características das mensagens.

De forma resumida, as categorias empíricas elencadas trazem características sobre como se expressam o significado das mensagens contidas no texto, agregando os significados existentes de maneira a revelar um contorno sobre o material analisado.

3.3 Resultados da pesquisa empírica

Tratamento dos resultados obtidos e interpretação:

Na etapa que se segue, busca-se evidenciar as informações fornecidas pela análise, por intermédio de uma quantificação, favorecendo a construção de comparações entre o contraste que se almejava. Para Bardin:

[...] os resultados brutos são tratados a serem significativos (falantes) e válidos [...]. O analista, tendo à disposição resultados significativos e fiéis pode então propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos, ou que digam respeito a outras descobertas inesperadas. (1994, p. 101).

A opção feita pelas tabelas 10 e 11, respectivamente apresentadas mais adiante, traz a separação dos licenciandos em dois grupos, os que possuem seu Projeto Temático associado aos conceitos físicos questionados e aqueles que cujos temas não possuem ligação direta. Em cada tabela, as questões são separadas em colunas, cada uma é subdividida em outras duas colunas, localizando o licenciando em seu padrão para determinada questão, e, posteriormente, sua esperada evolução. A outra coluna traz o número de licenciandos que chegaram ou saíram do padrão indicado, e esta é a análise quantitativa que posteriormente é tratada. Para efeito de identificação, antes de expor as tabelas, segue a listagem dos licenciandos e seus respectivos Temas dos Projetos Temáticos.

Tabela 9 – Apresentação dos licenciandos e seus respectivos temas:

Projeto Temático	Licenciando*	Projeto Temático	Licenciando*
Ressonância Schumann	L 01	Micro-ondas	L 13
Saltos Ornamentais	L 02	Ultrassom e imagens	L 14
Bumerangue	L 03	Micro-ondas	L 15
Ressonância Schumann	L 04	Ultrassom e imagens	L 16
Ressonância e Instrumentos Musicais	L 05	Ressonância Schumann	L 17
Física dos Relâmpagos	L 06	Ressonância e Instrumentos Musicais	L 18
Saltos Ornamentais	L 07	Micro-ondas	L 19
Física dos Relâmpagos	L 08	Saltos Ornamentais	L 20
Ressonância e Instrumentos Musicais	L 09	Bumerangue	L 21
Bumerangue	L 10	Ultrassom e Imagens	L 22
Fórmula 1	L 11	Fórmula 1	L 23
Ressonância Schumann	L 12	Fórmula 1	L 24

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

*A identificação do licenciando (L) é associada a um número.

Tabela 10 – Enquadramento dos licenciandos que elaboraram projetos com temáticas associadas aos conceitos físicos pesquisados: 12 licenciandos

Obs.: Nas colunas das questões tem-se uma sub-divisão, duas novas colunas, na coluna da esquerda a identificação dos licenciandos diante de uma numeração, e na coluna da direita o fluxo de licenciandos nos padrões ao longo das coletas;

Licenciandos com Projeto Temático associado aos conceitos de ondulatória:		Questão um e dois		Questão três		Questão quatro		Questão cinco	
Padrão 1: Atribuído significado;	1ª coleta	04; 05; 15; 18; 19;	+2	04; 14; 19; 22	+3	05; 15; 18;	+3	01;	+6
	2ª coleta	04; 05; 14; 15; 18; 19; 22		04; 05; 12; 13; 14; 19; 22		01; 05; 15; 18; 19; 22		01; 04; 05; 13; 15; 19; 22	
Padrão 2: Argumentação incompleta;	1ª coleta	-		13; 15; 16; 18;	-1	09;	-	04; 12; 15;	-2
	2ª coleta			01; 09; 15; 16; 18	+2	09;		09; 12	+1
Padrão 3: Reconhecimento de conceitos físicos	1ª coleta	22;	-1	01; 05;	-2	01; 12; 19;	-2	05; 14; 22;	-2
	2ª coleta					12; 13	+1	14; 18;	+1
Padrão 4: Pouca familiaridade c/ os conceitos físicos questionados	1ª coleta	01; 09; 12; 13; 14; 16;	-1	09; 12;	-2	04; 13; 14; 16; 22;	-2	13; 16; 19	-2
	2ª coleta	01; 09; 12; 13; 16				04; 14; 16;		16;	
Não Respondeu	1ª coleta	-		-		-		09; 18	-2
	2ª coleta								

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

Tabela 11 – Enquadramento dos licenciandos que não elaboraram projetos com temáticas associadas aos conceitos físicos pesquisados: 10 licenciandos

Licenciandos com Projeto Temático sem associação aos conceitos de ondulatória;	Questão um e dois	Questão três	Questão quatro	Questão cinco	
Padrão 1: Atribuindo significado;	21; 24; 21; 24;	02; 03; 07; 21; 02; 03; 20; 21; 24;	21; 23; 24;	03; 20; 21; 06; 20; 21; 24	-1 +2
Padrão 2: Argumentação incompleta;	-	08; 10; 23; 24 06; 08; 10; 23	-	-	-
Padrão 3: Reconhecimento de conceitos físicos	03; 06; 08; 10; 23	06; 20	03; 10; 23; 24;	02; 06; 08; 23; 24;	-1 -2 -3
Padrão 4: Pouca familiaridade c/ os conceitos físicos questionados	02; 07; 20; 02; 07; 20; 23;	07;	03; 10; 21; 02; 06; 07; 08; 20;	02; 03; 08; 10; 07; 10;	+1 -1 -2
Não Respondeu	-	-	06	07	+1 +1

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

A elaboração de Projetos Temáticos trata-se de uma situação didática diferenciada. Apontado por Rezende Junior (2006), diante do processo de modelização, a abordagem temática estabeleceu-se como estratégia para afastar o licenciando de uma atividade mecanizada, ou de simples tentativa e erro, e aproximá-lo de uma reflexão sobre hipóteses e questões que fundamentam a inserção dos conceitos físicos ao longo do processo com base em um tema. Não será possível argumentar sobre o entendimento do processo de modelização pelos licenciandos, pois esta pesquisa não se ateve a um direcionamento dos instrumentos de investigação para tal objetivo. No entanto, pode-se perceber que os licenciandos que compartilharam de determinadas etapas da modelização, elencadas na seção 3.1, para uma reflexão aprofundada sobre os conceitos de Ondulatória, alcançaram a possibilidade de uma resignificação conceitual.

Já a segunda etapa de investigação foi conduzida com o intuito de verificar se a reflexão sobre determinados conceitos físicos contribuiu na construção de uma argumentação apropriada sobre os conceitos físicos. Ao considerar a Tabela 10, verificou-se que, ao deparar-se com determinadas questões, perguntas abertas sobre conceitos físicos que haviam pesquisado para a elaboração de seus Projetos Temáticos, alguns licenciandos apresentaram uma mudança de padrão em sua argumentação, exceto licenciandos que já se apresentavam no padrão 1, indicado como mais adequado, e permaneceram nele.

Verificou-se, também, que há uma variação entre a mudança de padrão por licenciando em diferentes questões; tal variação pode ser explicada pela maior ou menor aproximação do Projeto Temático com o conceito questionado. Quando perguntados sobre onda estacionária (questão 05), 67% dos licenciandos que possuem seu Projeto Temático associado aos conceitos de Ondulatória apresentaram melhora em sua argumentação, porque o conceito de onda estacionária está presente diretamente na elaboração de todos os Projetos Temáticos referentes à Ondulatória. Essa porcentagem que pode ser verificada na Tabela 12, a seguir.

Observação: os licenciandos que não responderam os questionários foram contabilizados juntamente com os licenciandos que se apresentavam no padrão de pouca familiaridade com os conceitos físicos pesquisados.

Tabela 12: Quantificação das mudanças de nível – Projetos Temáticos com conceitos associados à Ondulatória (1º grupo)

	Questões 1 e 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
Nº de licenciandos que passaram para padrões a frente	02	05	04	08
%	17%	42%	33%	67%
Nºs que identificam os licenciandos que mudaram seu padrão	14 e 22.	01, 05, 09, 12 e 13.	01, 13, 19 e 22.	04, 05, 09, 13, 15, 18, 19 e 22.

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

Ao perguntar sobre velocidade de propagação de uma onda mecânica (questões 1 e 2), conceito que mostra a necessidade de uma maior reflexão sobre o meio, poucos revelam ter partilhado de tal aprofundamento em sua reflexão, apenas 17% dos licenciandos apresentam melhora em sua argumentação. Apesar da grande expectativa gerada pelo andamento no processo de elaboração dos Projetos Temáticos, a pesquisa havia se estendido para vários parâmetros, e, devido à construção de hipóteses, esperava-se que o meio fosse um dos parâmetros contemplados. Porém, mesmo esperando que, em INSPE B, a possível preocupação excessiva com conceitos físicos diretamente relacionados com os Projetos Temáticos, ofuscasse uma possível reflexão sobre a importância do meio de propagação da onda, tal importância deveria ser ressaltada em INSPE C, pois a discussão sobre o meio de propagação da onda se apresentava como um parâmetro elementar para os conceitos físicos tratados para o público de Ensino Médio, assim, caso uma discussão sobre o meio fosse elementar demais para ser tratado em INSPE B, não deveria ser omitido na elaboração do Projetos Temáticos para INSPE C.

Para aqueles que mantiveram seu padrão de resposta nas questões 1 e 2, ou mesmo nas demais questões, ainda que tenham compartilhado de um processo no qual ao final poder-se-ia alcançar uma resignificação conceitual, entende-se que, para este licenciando, sua explicação mostrou-se tão eficaz, a ponto de reiterá-la.

Para a questão 04, verificou-se uma transição de quatro licenciandos para padrões mais elevados, num índice de 33%, mas a expectativa gerada sobre a questão era semelhante à criada para a questão 05, tendo em vista a aproximação do conceito de ressonância com os temas pesquisados. No entanto, o que se verificou, ao longo da análise dos questionários e das unidades de registro mapeadas, foi um grande apego a uma exemplificação como argumentação para o conceito questionado ou mesmo uma confusão entre ressonância e onda estacionária.

Quanto às transições verificadas na questão 03, cinco licenciandos passaram para padrões mais elevados, indicando um índice de 42%, desempenho elevado, tendo em vista que não foram contabilizados os licenciandos que já se encontravam no padrão mais elevado e nele permaneceram. A questão direcionava-se ao conceito de sobreposição, conceito entendido como fundamental por inserir-se em características do comportamento ondulatório e comum a todos os Projetos Temáticos.

Ao se falar em possibilidade de ressignificação, conforme exposto na seção 3.1, pode-se entender que todos os componentes que efetivamente participaram de tal processo de elaboração de Projetos Temáticos contaram com uma possibilidade resignificação conceitual, pois a eles foi apresentado um significado diferente do usual no Ensino Tradicional, cuja prática é a de responder a exercícios ou relatórios sem maior abertura para uma reflexão.

Já para os licenciandos que não possuíam seu tema relacionado diretamente com os conceitos de Física Ondulatória, seu principal contato estabeleceu-se nas apresentações dos seminários e do minicurso, momentos que constituíam a socialização da pesquisa feita para a elaboração dos Projetos Temáticos, tendo em vista que, posteriormente à exposição dos licenciandos sobre seus Projetos Temáticos em seminários, houve momentos de diálogo entre professor e licenciandos que estavam apresentando o seminário, como também houve contribuições que os colegas que estavam assistindo ao seminário entenderam como pertinentes para auxiliar a construção do Projeto Temático.

Para retratar o enquadramento e os índices sobre a mudança nas argumentações deste grupo de licenciandos, foram construídas as tabelas 11 e 13.

Tabela 13 – Quantificação das mudanças de nível – Projeto Temático sem associação aos conceitos de Ondulatória; (2º grupo)

	Questão 1 e 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
Nº de licenciandos que passaram para padrões a frente;	-	03	02	03
%	-	30%	20%	30%
Nºs que identificam os licenciandos que mudaram seu padrão	-	06, 20 e 24.	23 e 24.	06, 10 e 24.
Nº de licenciandos que passaram para padrões abaixo;	01	01	02	02
%	-10%	-10%	-10%	-20%
Nºs que identificam os licenciandos que mudaram seu padrão	23	07	21 06 não respondeu na 2ª coleta	03 e 23. 07 não respondeu na 2ª coleta

Fonte: Elaborado pelo autor e orientadores (2011).

Para os índices registrados como aumento dos padrões de argumentação, os valores não apresentaram grandes surpresas, pois, mesmo tendo assistido aos seminários, os licenciandos não compartilharam da situação didática diferenciada para a possibilidade de resignificação dos conceitos de Ondulatória. No entanto, mesmo a participação de seminários e minicursos estabeleceu para alguns licenciandos um diferencial que refletiu na evolução de suas argumentações.

É interessante notar que as questões que apresentam maior índice de evolução para o grupo que apenas acompanhou os Projetos Temáticos como observadores, também é verificado para o grupo que participou da elaboração desses estudos, chegando ao ponto das questões 01 e 02, que apresentaram o menor índice de evolução no primeiro grupo analisado, não apresentar nenhum representante para registrar qualquer aumento no segundo grupo. Tal percepção leva à ideia de que os grupos não ofereceram a ênfase necessária para os conceitos

físicos relacionados à relevância do meio para a propagação de ondas, ao longo da elaboração do Projetos Temáticos, e da apresentação de seminários e minicursos.

Ao estabelecer os padrões, almejava-se verificar algum tipo de evolução em suas argumentações, tendo ou não os licenciandos participado do processo de elaboração dos Projetos Temáticos, mas, como indicado por Bardin (1994), as pesquisas podem revelar “descobertas inesperadas”, como mencionado no início desta seção. Ao verificar os dados na tabela 12, observa-se um número de licenciandos que obtiveram um índice negativo, refletindo uma queda nos padrões quanto às argumentações. Tal queda pode refletir o destaque atribuído a determinados conceitos físicos no momento da exposição, gerando alguma confusão ao não deixar totalmente clara a relação que buscavam propor, como os conceitos de ressonância e ondas estacionárias para o tema Ressonância Schumann. Outro fator corresponde à indisposição em responder as perguntas feitas no dia da entrega e coleta de questionários ou na ocasião das entrevistas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objeto desse trabalho de investigação apresentou-se diante da possibilidade da resignificação conceitual na elaboração de Projetos Temáticos, nas disciplinas de Instrumentação para o Ensino de Física. Conforme o delineamento oferecido pelo trabalho, observou-se que o encaminhamento encontrado na elaboração dos Projetos Temáticos demandou dos licenciandos ações que não haviam ainda sido empregadas por eles, no contato com o conhecimento científico em atividades didáticas. Partindo de um tema envolvendo um fenômeno natural ou aparato tecnológico, os quais, por se apresentarem demasiadamente amplos, os licenciandos deveriam aplicar determinada especificidade ao tema construindo um modelo explicativo. Essa simplificação exigiu dos licenciandos a inserção de passos do processo de modelização e, principalmente, a discussão de modelos que anteriormente eram expostos sem necessariamente entender o uso de abstrações, idealizações ou suas limitações. Assim, diante do processo de pesquisa no qual estavam inseridos para a construção dos Projetos Temáticos, os licenciandos provavelmente se deparavam com conceitos físicos ou modelos com que não haviam tido contato ao longo de sua formação, ou não haviam entendido, como comprovamos por meio de entrevistas “[...] pela primeira vez entendi o que era efeito giroscópico.” (licenciando_03).

Com isso, dentro de um processo em grupo, a atividade de elaboração de Projetos Temáticos, por meio da necessidade de construção de questões por parte dos licenciandos ao defrontarem-se com um tema amplo, oportuniza a discussão de hipóteses, abstrações e idealizações, tendo em vista a busca por um modelo adequado para explicar o recorte escolhido para o fenômeno, estabelecendo representações que dão ao modelo um caráter preditivo, além de contar com a mediação de seus professores e, posteriormente, exigir uma transposição do modelo explicativo adotado para um público de Ensino Médio. Esta atividade contempla elementos que normalmente não seriam verificados no Ensino Tradicional, como:

- o surgimento de ideias por intermédio da abordagem temática, favorecendo a elaboração de questões e hipóteses que fundamentam a modelização conceitualmente;
- a análise das limitações que são adotadas, justificando abstrações e idealizações que são consideradas no modelo;

- a determinação das relações existentes entre os conceitos, ao delinear o modelo físico;
- a expressão de tais relações usando equações ou representações que dão ao modelo um valor preditivo.

Ao longo da pesquisa, os elementos citados foram agrupados em etapas, para efeito de análise, e constatados tanto no exemplar trazido pelos professores nas aulas iniciais, como em um dos objetos de análise deste trabalho, que consistiu na leitura das Unidades de Ensino entregues ao professor da disciplina. Este é um material escrito, no qual os licenciandos expõem como ocorreu a elaboração de seus Projetos Temáticos para futuros leitores, que apresentariam interesse por um entendimento aprofundado sobre o fenômeno abordado dentro de um modelo explicativo, como foi feita sua transposição didática para um público de Ensino Médio.

Para a primeira transposição didática, verificou-se que, mesmo com a dificuldade em se desvencilhar do caráter tradicional, reiterado ao longo da formação inicial, grande parte dos grupos integraram os elementos na elaboração dos Projetos Temáticos, ao atender o público de Ensino Superior. Já para o segundo nível, em que a transposição didática do modelo explicativo foi direcionada ao público de Ensino Médio, em um primeiro caso, observa-se a consolidação dos elementos por um grupo que não havia contemplado tais elementos em INSPE B, enquanto que, em outro caso, no qual a atividade apresentava-se consolidada, o grupo desviou-se da inserção de tais elementos na transposição didática para o Ensino Médio.

Para o primeiro caso, verificado no grupo com o tema “Ultrassom e Imagem”, um novo confronto com a situação com a qual haviam se deparado no semestre anterior, após a mediação e socialização de professores e colegas, oportunizou um afastamento de uma possível insegurança quanto às etapas esperadas para a elaboração do Projeto Temático e/ou da insegurança de tratar sobre conceitos físicos que não compreendiam. Isso se confirma ao verificar os resultados obtidos por meio da confrontação de duas coletas de questionários, pois houve uma indicação de uma expressiva melhora na argumentação de alguns conceitos do campo conceitual da Ondulatória pelos licenciandos de maneira geral.

Já no segundo caso, verificado no grupo com o tema “Cozinhando Com o Forno Micro-ondas”, o grupo apresenta um abandono do encaminhamento adotado na disciplina anterior, refletindo,

com isso, não apenas a insegurança quanto à atividade adotada em INSPE B, como também uma insegurança para a transposição de conceitos físicos que haviam abordado anteriormente.

Quanto aos grupos com os temas, “Ressonância Schumann” e “Ressonância e Instrumentos Musicais”, sua constância em manter o encaminhamento adotado em INSPE B, de maneira a atender aos objetivos do modelo explicativo em INSPE C, possivelmente não os afastou das dificuldades encontradas em defrontar-se com uma situação diferente da usual. Entre elas, ao invés de questões que mobilizariam o processo de modelização, deduz-se uma possível tendência de inserção linear dos conceitos físicos envolvidos. No entanto, ao retomar o modelo explicativo e os conceitos físicos inseridos para a transposição didática direcionada para o Ensino Médio, os grupos proporcionaram a ideia de um distanciamento de uma possível insegurança, inicialmente deduzida em INSPE B, tanto para a atividade inovadora quanto para a transposição didática do conhecimento com o qual tiveram contato. Esse fato acarretou no compartilhamento dos progressos mostrados na argumentação de conceitos físicos de Ondulatória, destacados na avaliação dos questionários.

Quanto à análise dos questionários, não se buscou um mapeamento de uma resignificação conceitual individual, mas sim, diante da análise, verificou-se que houveram avanços na argumentação de alguns conceitos de Ondulatória que foram inseridos no tratamento do tema. Contudo, não apenas os licenciandos que participaram diretamente do processo de elaboração apresentaram avanços, como também seus colegas que assistiram aos seminários e participaram dos minicursos como expectadores, ainda que de forma menos expressiva.

Com isso, apesar da estranheza causada aos licenciandos devido à inserção de uma metodologia diferenciada, oportunizou-se uma maior autonomia ao seu aprendizado, além de maior responsabilidade sobre o aprendizado de outros. E isso se comprovou diante dos resultados obtidos nos questionários, pois se constatou que os licenciandos não apenas se mostraram responsáveis pela melhoria de sua própria argumentação, como também da de seus colegas. A estranheza apontada anteriormente refere-se à usual segurança trazida pelo professor, ao enfatizar quais características e propriedades normalmente devem ser ressaltadas quando determinado conhecimento é transmitido por ele, enquanto, no caso analisado, a responsabilidade era assumida pelo licenciando. No entanto, vale lembrar que o professor não é descaracterizado, apenas deixa de apresentar-se como transmissor do conhecimento, para assumir o papel de mediador.

Pretendia-se, ao longo da pesquisa, encontrar a possibilidade de uma resignificação conceitual que refletisse em um afastamento da limitação do reconhecimento do conceito físico no contexto de uma situação específica, que é a resolução de exercícios e relatórios, para uma aproximação de um entendimento a partir de um modelo explicativo. Porém, torna-se complexo examinar tal resignificação conceitual de maneira individual e dentro de uma pequena escala temporal permitida para a pesquisa. Por isso, o que a pesquisa se propôs a investigar foi verificar se existem elementos que possibilitem a resignificação conceitual dos indivíduos na perspectiva em questão. Para tanto, foram analisados os processos de modelização e as transposições didáticas que se apresentaram ao longo da elaboração dos Projetos Temáticos, destacando os elementos envolvidos no processo. Pois entende-se que, tal percepção pode necessitar de um confronto com um maior número de situações, onde o indivíduo possa inserir os elementos a qual dispõe.

Assim, possíveis desdobramentos poderiam ser verificados ao refletir como os licenciandos que passaram por tal situação podem intervir no processo de conceitualização de seus futuros alunos, ao se tornarem professores. Dessa maneira, tal perfil afastaria a caracterização do significado dos conceitos em si mesmos, criando uma abertura para uma possível resignificação conceitual ao tentar explicar algum fenômeno ou evento, obedecendo às pretensões inseridas nos Parâmetros Curriculares Nacionais, quanto às competências e habilidades esperadas pelo indivíduo que constrói seu entendimento, “[...] desenvolver modelos explicativos para sistemas tecnológicos e naturais”. (BRASIL, 1999, p. 216).

Outro ponto a ser considerado, é que a possibilidade de resignificação conceitual encontrada na elaboração de Projetos Temáticos foi pesquisada na formação inicial de professores, na modalidade presencial. Mostra-se interessante pesquisar como se apresentariam a construção de tais Projetos Temáticos na modalidade à distância do curso de formação inicial de professores da UFSC.

É interessante observar ainda que o ensino a distância, por sua natureza distinta do presencial, também pode ser entendida como uma situação de ensino diferenciada, na qual a distância influencia as relações didáticas entre os alunos, os professores e os saberes. Além disso, há a presença de mais um agente nesta relação, o tutor, que também pode participar como um quarto elemento desta relação. Nesta modalidade, espera-se que os alunos sejam mais autônomos, de maneira que podem surgir outros elementos que possam ser utilizados em futuras

investigações sobre a possibilidade de resignificação conceitual, o que, no futuro, pode auxiliar o desenvolvimento/aprimoramento de metodologias que favoreçam ainda mais a formação de professores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES-MAZZOTTI, Alda J.; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. 2. ed. São Paulo: Thomson, 1998.

ANDRÉ, Marli E. D. A. **Estudo de caso em**: pesquisa e Avaliação Educacional. Brasília: Liber Livro, 2005. (Série pesquisa).

ANDRÉS, Maria M.; PESA, Marta A. Conceptos-en-acción y teoremas-en-acción en um trabajo de laboratório de física. **Abrapec**, v. 4, n. 1, jan./abr., 2004.

ASTOLFI, Jean P.; DEVELAY, Michel. **A didática das ciências**. Campinas: Papirus Editora, 2005.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1994.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Institui a duração e a carga horária dos cursos de licenciatura, de graduação plena, de formação de professores da Educação Básica em nível superior. **Resolução CNE/CP 2/2002**. Diário Oficial da União, Brasília DF, 4 mar. 2002.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: SEMTEC, 2002.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3: p. 387-404, 2005.

BROUSSEAU, Guy. **Introdução ao estudo das situações didáticas**: conteúdos e métodos de ensino. São Paulo: Editora Ática, 2008.

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

CARVALHO, Ana M. P. de; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de professores de Ciências**: tendências de inovações. 10. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2011.

CARVALHO JÚNIOR, Gabriel D. **Trajetórias de aprendizagem de alunos de Ensino Médio**: produção de significados em um curso de introdução de Física Térmica. 2005. 265f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

CARVALHO JÚNIOR, Gabriel D.; AGUIAR JÚNIOR, Orlando. Os Campos Conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 2, p. 207-227, ago. 2008.

_____. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud como instrumento didático e psicológico. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, Manaus. Atas... Manaus: SBP, 2011.

CASTORINA, José A. Piaget e Vigotsky: novos argumentos para uma controvérsia. **Caderno Pesquisa**, n. 105, p. 160-183, 1998.

CHEVALLARD, Yves. **La transposición didáctica**. Argentina: Aique Grupo Editor S.A, 1991.

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

CUSTÓDIO, José. F.; PIETROCOLA, Maurício. Princípio de Conservação e construção de modelos por estudantes do Ensino Médio. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 8. Águas de Lindóia, 2002. Atas... Atas de Lindóia: SBP, 2002.

FÁVERO, Maria H.; SOUZA, Célia M. S. G. Análise de uma situação de resolução de problemas de Física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 55-75, 2002.

FERRACIOLLI, Laércio. Aspectos da construção do conhecimento e da aprendizagem na obra de Piaget. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 2, p. 180-194, ago. 1999.

FRANCHI, Anna. Considerações sobre a teoria dos campos conceituais. In: ALCANTARA MACHADO, S. D. *et al.* **Educação Matemática: uma introdução**. São Paulo: EDUC, 1999. p. 155-195.

FRENCH, Steven. **Ciência**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOUREZ, Gérard. Crise no ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

GALAGOVSKY, Lydia; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: el concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 2, p. 231-242, 2001.

GRECA, M. Ileana; MOREIRA, Marco. A. Do Saber Fazer ao Saber Dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de Física. **Ensaio, Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 1, 2003.

HESTENES, David. Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education. **Modeling methodology for physics teachers**. College Park, 1996.

_____. Toward a modeling theory of physics instruction. **American Journal of Physics**, v. 55, n. 5, 1987.

JONNAERT, Philippe. Dévolution *versus* contre-devolution! Um tandem incontournable pour le contrat didactique. In: **Au-delà des didactiques, le didactiques: débats autour de concepts fédérateurs**. RAISKY, C.; CAILLOT, M. (eds.). Tradução livre Elio Carlos Ricardo. França: De Boeck Université, 1996. ().

KRAPAS, Sonia et al. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, 1997.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: E. P. U. 1986.

MACHADO, Juliana. **Modelização na formação inicial de professores de Física**. 2009. 178f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

MARANDINO, Martha. A Prática de Ensino nas licenciaturas e a pesquisa em Ensino de Ciências: questões atuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 2, ago. 2003.

MARTINAND, Jean-Louis. Enseñanza y aprendizaje de la modelización. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 4, n. 1, 1986.

MOREIRA, Marco Antonio. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 7-30, 2002.

MOREIRA, Marco. **Aprendizagem significativa crítica**. 2010. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>>. Acesso: 14 maio 2011.

PIETROCOLA, Maurício. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: UFSC, 2001.

PIETROCOLA, Maurício; PINHEIRO, Terezinha de Fátima; PINHO ALVES, José F. 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: UFSC, 2001.

PINHEIRO, Terezinha de Fátima. **A transposição dos modelos da Física para o Ensino de Física**. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, 2., UFPR. 1999.

PINHO ALVES, José, °. Regras da Transposição Didática aplicadas ao Laboratório Didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, ago. 2000.

REZENDE JUNIOR, Mikael Frank. **O processo de conceitualização em situações diferenciadas na formação inicial de professores de Física**. 2006. 288f. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SOUZA CRUZ, Sonia M. S. C; REZENDE JUNIOR, Mikael Frank; SOUZA CRUZ, Frederico F. Situações didáticas diferenciadas e seu papel na formação inicial de professores de Física. In: ENCONTRO

NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5. Bauru, 2005. Atas... Bauru: SBP, 2005.

SOUZA CRUZ, Sonia M. S. C; ZYLBERSZTAJN, Arden. O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos. In: PIETROCOLA, M. (org). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: UFSC, 2001.

VERGNAUD, Gérard. A Teoria dos Campos Conceituais. In: BRUN. Jean. **Didática das Matemáticas**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

_____. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 17, n. 2, p. 167-181, 1998.

VERGNAUD, Gérard; PLAISANCE, Eric. **As Ciências da Educação**. São Paulo: Edições Loyola, 2003.

VERGNAUD, Gérard. En qué la Teoría de los Campos Conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 285-302, 2007.

VERGNAUD, Gérard. The Theory of Conceptual Fields. **Human Development**. p52, 83 – 94, 2009.

VIGOTSKI, Lev S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

WESTPHAL, Murilo. **A formação pedagógica no curso de licenciatura em Física da UFSC e a prática docente dos egressos deste curso**. 2006. 246f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

WITTMANN, Michael; STEINBERG, Richard N.; REDISH, Edward F. Making Sense of How Students Make Sense of Mechanical Waves. **The Physics Teacher**, v. 37, n. 1, p. 3-58, 1999. Disponível em: <<http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0207/0207092>>. Acesso em: 27 dez. 2011.

ANEXOS

ANEXO I

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 : 218302/420202*

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

Jose de Pinho Alves Filho (jopinho@fsc.ufsc.br)

PLANO DE ENSINO E CRONOGRAMA 2010-2

ME S	DIA	SEM	PROGRAMAÇÃO	ATIVIDADE
	09	S	Apresentação da disciplina	
A	11	Q	Projetos inovadores de Ensino de Física EXEMPLAR DE UM PROJETO	Exposição + Discussão
G	16	S	Elaboração do projeto - abrindo o tema	Trabalho em grupo (sala)
O	18	Q	Elaboração do projeto - reduzindo o tema	Trabalho em grupo (sala)
S	23	S	Elaboração do projeto - definindo o recorte	Trabalho em grupo (sala)
T	25	Q	Elaboração do projeto - árvore de conceitos	Trabalho em grupo (sala)
O	30	S	Elaboração do projeto - construindo o modelo	Trabalho em grupo (sala)
S	01	Q	Elaboração do projeto - construindo o modelo	Trabalho em grupo (sala)
E	06	S	DIA NÃO LETIVO	
T	08	Q	Seminário I - Relatório I	Grupos (X + Y)
E	13	S	Seminário I - Relatório I	Grupos (J + K)
M	15	Q	Seminário I - Relatório I	Grupos (L + M)
B	20	S	PROVA I	
R	23	Q	Elaboração do projeto - melhorando o modelo	Trabalho em grupo (sala)
O	27	S	Elaboração do projeto - melhorando o modelo	Trabalho em grupo (sala)
	29	Q	Elaboração do projeto - checando o modelo	Trabalho em grupo (sala)
O	04	S	Elaboração do projeto - desenhando o projeto	Trabalho em grupo (sala)
U	06	Q	Elaboração do projeto - desenhando o projeto	Trabalho em grupo (sala)
T	11	S	DIA NÃO LETIVO	
U	13	Q	Elaboração do projeto - esboçando projeto final	
B	18	S	Elaboração do projeto - esboçando projeto final	
R	20	Q	Seminário I - Relatório II	Grupos (X' + Y')
O	25	S	Seminário I - Relatório II	Grupos (J' + K')
	27	Q	Seminário I - Relatório II	Grupos (L' + M')

N	01	S	FERIADO - FINADOS	
O	03	Q	Laboratório Didático I	Exposição+ Discussão
V	08	S	Laboratório Didático II	Exposição+ Discussão
E	10	Q	Alfabetização Científica: CTS	Exposição+ Discussão
M	15	S	FERIADO – PROCLAMAÇÃO da REPÚBLICA	
B	17	Q	Alfabetização Científica: CTS	Exposição+ Discussão
R	22	S	Alfabetização Científica: ACT	Exposição+ Discussão
O	24	Q	Alfabetização Científica: ACT	Exposição+ Discussão
	29	S	PROVA 2	
	01	Q	<i>Apresentação do projeto temático</i>	Grupos A- A'
	06	S	<i>Apresentação do projeto temático</i>	Grupos B – B'
D	08	Q	<i>Apresentação do projeto temático</i>	Grupos C - C'
E	13	S	<i>Apresentação do projeto temático</i>	Grupos D- D''
Z	15	Q	<i>Apresentação do projeto temático</i>	Grupos E – E'
E	17	Sexta	Entrega da nota final . término do semestre	
			RECUPERAÇÃO	
M	20	S	PUBLICAÇÃO DAS NOTAS	

1. PROJETO TEMÁTICO

- Os alunos deverão se dividir em grupos com **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:** - Seminários e Relatórios – 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.

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	Bumerangue	
2	Ultra-som e imagens	
3	Microondas	
4	Formula 1	
5	Ressonância Schumann	
6	Ressonância e instrumentos	
7	Física dos relâmpagos	
8	Salto ornamentais	
9	Radiação solar	

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. Frederico Fermo de Souza Cruz

Prof. Jose de Pinho Alves Filho

Agosto, 2010.

ANEXO – II –

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

INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA C

Nº	Dia	Data	Programação
Março			
1.	Terça	15/03	Apresentação/Plano de curso/
2.	Quinta	17/03	Preparação da apresentação dos Projetos de INSPE-B
3.	Terça	22/03	Apresentação dos Projeto de INSPE-B
4.	Quinta	24/03	Apresentação dos Projeto de INSPE-B
5.	Terça	29/03	Elaboração dos Projetos de ensino
6.	Quinta	31/03	Elaboração dos Projetos de ensino
Abril			
7.	Terça	05/04	Elaboração dos Projetos de ensino
8.	Quinta	07/04	Elaboração dos Projetos de ensino
9.	Terça	12/04	Elaboração dos Projetos de ensino
10.	Quinta	14/04	Elaboração dos Projetos de ensino
11.	Terça	19/04	Lecionar uma aula do Projeto (Equipe A + Equipe B)
12.	Terça	26/04	Lecionar uma aula do Projeto (Equipe C + Equipe D)
13.	Quinta	28/04	Aplicação do Projeto Equipe A
Maio			
14.	Terça	03/05	Aplicação do projeto Equipe A
15.	Quinta	05/05	Aplicação do projeto Equipe A
16.	Terça	10/05	Aplicação do projeto Equipe A
17.	Quinta	12/05	Aplicação do projeto Equipe B
18.	Terça	17/05	Aplicação do projeto Equipe B
19.	Quinta	19/05	Aplicação do projeto Equipe B
20.	Terça	24/05	Aplicação do projeto Equipe B
21.	Quinta	26/05	Aplicação do projeto Equipe C
Junho			
22.	Quinta	02/06	Aplicação do projeto Equipe C
23.	Terça	07/06	Aplicação do projeto Equipe C
24.	Quinta	09/06	Aplicação do projeto Equipe C (data final para a entrega dos projetos TODAS EQUIPES)
25.	Terça	14/06	Aplicação do projeto Equipe D
26.	Quinta	16/06	Aplicação do projeto Equipe D
27.	Terça	21/06	Aplicação do projeto Equipe D

28.	Terça 28/06	Aplicação do projeto Equipe D
29.	Quinta 30/06	Avaliação das aplicações dos projetos
Julho		
30.	Terça 05/07	Entrega e Defesa do artigo (Equipe A + Equipe B)
31.	Quinta 07/07	Entrega e Defesa do artigo (Equipe C + Equipe D)
32.	Terça 12/07	Avaliação da disciplina
33.	Quinta 14/07	Recuperação

CARACTERÍSTICAS PROJETO TEMÁTICO

Introdução/Justificativa: Sobre a pertinência do curso em questão, do ponto de vista da metodologia e do conteúdo físico.

Objetivo Geral: O que se pretende que os alunos adquiram ao final deste curso em termos de alfabetização científica.

Público Alvo: Idade, nível de formação.

Conteúdo Físico: Aquele a ser abordado no curso.

Temática de interesse: Sobre a relação do curso com a vida das pessoas a que se destina.

Quadro sintético: aula a aula, com divisão dos momentos das aulas, breves comentários e divisão do tempo.

Descrição de cada aula:

- Tema da aula
- Objetivos;
- Motivação
- Conteúdo Físico
- Recursos Instrucionais
- Momentos da aula
- Comentários finais

Anexos: Textos (para alunos), experimentos, atividades e textos complementares para o professor.

Uma cópia em CD do Projeto

ANEXO – III –**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido****Nome da pesquisa:****Os projetos temáticos na formação de professores de Física na UFSC****Mestranda:** Karlinne Lisandra Devegili**Orientadora:** Prof^a. Dr^a. Sonia Maria da S. C. de Souza Cruz**Prezado(a) Licenciado(a),**

Diante deste termo de consentimento livre e esclarecido, solicita-se a autorização para obter informações através de **questionários, observações que envolvam falas durante as aulas, entrevistas, e material impresso**, este último que será produzido ao final da disciplina, com finalidade obter algumas informações a respeito de suas experiências nas disciplinas: “Instrumentação para o Ensino de Física B e C”, do curso de Licenciatura em Física na UFSC. Estas informações serão utilizadas em um trabalho de dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT-UFSC). O objetivo desta pesquisa é caracterizar e avaliar o papel da referida disciplina na formação de professores de Física nesta Instituição. Os licenciados consultados têm liberdade de recusar a participar, de não responder a alguma pergunta e de retirar seu consentimento, a qualquer momento, bastando entrar em contato com a pesquisadora pelo endereço eletrônico karlinnedevigili@gmail.com ou karlinnedevigili@ibest.com.br até fevereiro de 2012, data para a qual está prevista a redação final deste trabalho.

Nós, pesquisadores, asseguramos total sigilo quanto à identidade dos respondentes da pesquisa. Agradecemos por sua contribuição.

Assinatura da pesquisadora responsável

Assinatura do licenciando responsável pelas informações

Florianópolis, 2011.

ANEXO – IV – O mesmo modelo foi utilizado como questionário e roteiro de entrevista

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - CFM

Questionário sobre a elaboração de projetos temáticos nas disciplinas de INSPE - UFSC:

Mestranda Karlinne Lisandra Devegili.

Projeto

Temático: _____

Nome _____ **do**

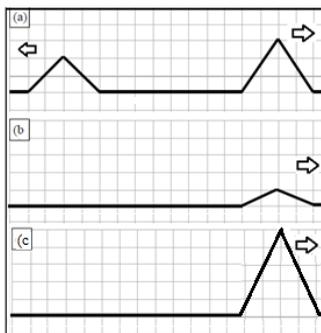
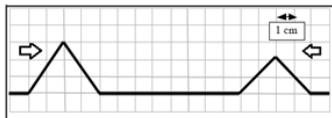
licenciando: _____

Seu e-mail: _____

1. Considere que uma corda está presa em uma das extremidades, e você segurando a outra extremidade. Num certo momento, você provoca uma oscilação na corda, o que influencia a velocidade de propagação desta onda? Explique:

2. O que influencia a velocidade de propagação da onda sonora? Explique:

3. Para a superposição num certo meio, ocorrida como na figura da esquerda, qual seria para você, o resultado mais adequado: a, b ou c na figura da direita? Explique por quê?



4. O que é ressonância em ondas? E quais as condições para que a ressonância aconteça?

5. O que é uma onda estacionária e o que a caracteriza?

**ANEXO – V – EXEMPLAR TRAZIDO PELOS PROFESSORES
SOBRE O PROCESSO DE MODELIZAÇÃO:**



A slide with a black background and a blue and yellow border. In the top left corner is a small logo. The main title is 'PROJETO TEMÁTICO INOVADOR' in white serif font, centered in a light blue rectangular box. Below the title, the text 'TEMA - como escolher ????' (em geral é amplo) is followed by a bulleted list:

- Tópicos de Física que quero desenvolver
- Assunto que quero introduzir no programa
- Conteúdos modernos

 Below the list, the word 'EXEMPLO:' is written in black on a yellow rectangular background. At the bottom, the text 'A FÍSICA DOS ESPORTES' is written in white on a red rectangular background. At the bottom right, there is a small text credit: 'UFSC/EAD-INSPE - B- Prof. Frederico de Sousa Cruz e Jairo de Paula Alves Filho'.



A FÍSICA DOS ESPORTES

QUAIS SUB-TEMAS PODEM SER TRATADOS?

ESPORTES COM BOLA?	VOLEI ? FUTEBOL ? TENIS ? BASQUETE ?
ESPORTES DO ATLETISMO?	CORRIDA ? ARREMESSOS ? SALTOS ?

A ESCOLHA DO ESPORTE - REDUÇÃO DO TEMA



UFSC/EAD-INSPE - B - Prof. Frederico da Sousa Cruz e Jani de Paula Alves Filho



ESCOLHEMOS:

- **CORRIDA**
- **CICLISMO**





http://portuguesbrasilero.istockphoto.com/file_search.php?action=Browse&Cache=34203d6a4726dbe9092ed56a8a2a8da&page=5



UFSC/EAD-INSPE - B - Prof. Frederico da Sousa Cruz e Jani de Paula Alves Filho



POSSIBILIDADES CONHECENDO A SITUAÇÃO



UFSC/EAD-INSPE - B - Perfil: Formadores da Semana Cruz e Serra de Pinho, Alvaro Filho



UFSC/EAD-INSPE - B - Perfil: Formadores da Semana Cruz e Serra de Pinho, Alvaro Filho



DO QUE TRATAR...?

CURVAS? SUBIDAS?

DESCIDAS?

CORRIDA FECHADA (CIRCUITO INDOOR)?

CORRIDA ABERTA ? (PISTA DE RUA)

ATRITO?... DE QUEM...?

BIOMECÂNICA DO CICLISTA?

VAMOS FAZER O RECORTE

UFSC/EAD-INSPE - B - Profa. Francineide da Sousa Cruz e Joice de Pinho Alves Filho



RECORTANDO :

- **Física do ciclismo**
- **corrida de longa duração**
- **pista de rua**
- **estimar tempo de percurso**



UFSC/E-D-INSPE - B - Profa. Frederica de Sousa Cruz e João de Pedro Alves Filho



**PARA MOTIVAR E CONTEXTUALIZAR VAMOS
CRIAR UM PROBLEMA**

NOS É DADA A TAREFA DE PLANEJAR
A VOLTA CICLISTICA DE SANTA CATARINA.
**COMO ESTIMAR OS TEMPOS DESTA
CORRIDA CICLISTICA QUE ENVOLVE
TRECHOS NA:**

- (1) SERRA DO RIO DO RASTRO,**
- (2) TRECHOS NO PLANALTO E**
- (3) TRECHOS NO LITORAL ?**



UFSC/E-D-INSPE - B - Profa. Frederica de Sousa Cruz e João de Pedro Alves Filho



PRELIMINARES: (Questões a serem feitas...)

- o relevo é mesmo em todo trajeto ?
- e o piso (pista de rolamento) como é?
- qual a distancia a ser percorrida?
- que tipo de bicicleta vai ser usada?
- existe algum estudo próximo ao nosso?
-

... Enfim precisamos criar um **modelo fisico** que nos permita estimar os tempos desejados.



UFSC/EAD-INSPE-B-Prof. Frederico de Souza Cruz & Jairo de Paula Alves Filho



CONSULTANDO ARQUIVOS... ou SE INSPIRANDO !

SIMILAR: **“CORRIDA VOLTA DA FRANÇA”** (160 km)



UFSC/EAD-INSPE-B-Prof. Frederico de Souza Cruz & Jairo de Paula Alves Filho



INICIANDO A MODELIZAÇÃO

- Nosso problema se refere ao **planejamento de tempos**.
- Precisamos modelizar o **trajeto** e o **ciclista com sua bike**.
- Mais alguma coisa?
- ... Veremos depois!

UFSC/EAD-INSPE - B - Prof. Frederico da Silva Cruz e Jairo de Pinho Alves Filho



❖ MODELIZANDO O TRAJETO

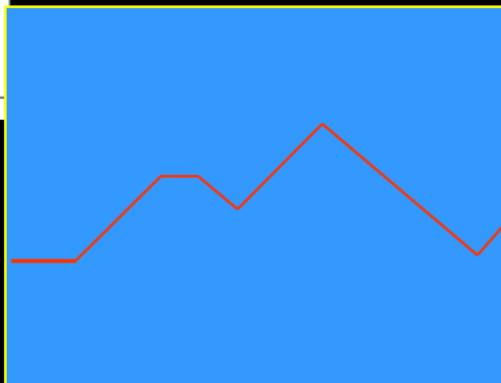
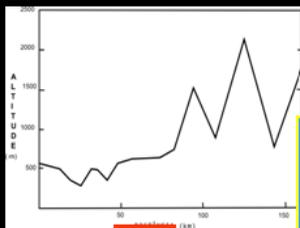
- ❑ ELIMINANDO AS CURVAS - retificação
- ❑ TRAJETO RETILÍNEO COM:
 - ❑ RETAS PLANAS
 - ❑ ACLIVES COM INCLINAÇÃO DEFINIDA
 - ❑ DECLIVES COM INCLINAÇÃO DEFINIDA
 - ❑ aclives/declives = PLANO INCLINADO



UFSC/E-D-INSPE - B - Prof. Frederico de Sousa Cruz e Joo de Pedro Alves Filho



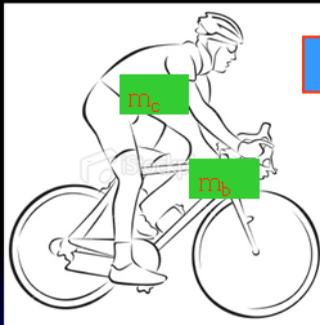
RESUMINDO O TRAJETO



UFSC/E-D-INSPE - B - Prof. Frederico de Sousa Cruz e Joo de Pedro Alves Filho



❖ MODELIZANDO : CICLISTA + BIKE



$$M_b = m_c + m_b$$

FORMA E
MASSA



$$M_b$$

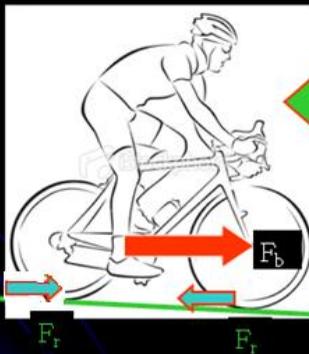
Um simples paralelepípedo
de massa M_b



□ F_b - força propulsora (gerada pelo movimento dos pedais)

□ F_r - força devido ao atrito de rolamento

□ F_d - força devido a resistência do ar



F_d

F_b

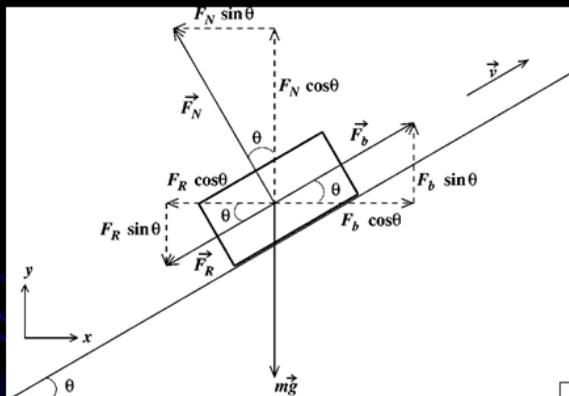
F_r

F_r





MODELO FÍSICO A TRABALHAR



UFSC/EAD-INSPE - B - Prof. Frederico da Sousa Cruz e Jairo de Paula Alves Filho



❖ MODELIZANDO AS VARIÁVEIS

Potência motora

Ciclista desenvolve de 250 a 500 W de potência (dados)

Força motora (propulsora)

Lembrando:

$$P = F \cdot v$$

$$F_b = P / v$$



UFSC/EAD-INSPE - B - Prof. Frederico da Sousa Cruz e Jairo de Paula Alves Filho



Forças resistivas

- Força de atrito (rolamento)

$$\underline{F_a} = \mu_r \underline{F_N}$$

μ_r - coeficiente de atrito de rolamento

F_N - Força Normal

- Força de arrasto (resistência do ar)

$$\underline{F_d} = C_d \rho A v_{rel}^2$$

C_d - Coefficiente de arrasto

ρ - Densidade do ar

A - área frontal ciclista + bike

v_{rel} - velocidade relativa (v - v_{vento})



Considerando v_{vento} nula, podemos equacionar o modelo:

$$a = (\underline{F_a} + \underline{F_d}) + \underline{F_b} + (\underline{F_{peso}} + \underline{F_N}) / M$$

→ (Soma vetorial)

Parâmetros físicos:

$P, C_d; \rho; A; v_{rel}; M \dots$

Podem ser trabalhados para criar diferentes cenários





TESTANDO O MODELO

Assumindo:

$$M = 77 \text{ kg}$$

$$C_d = 1,2 \text{ (de pé) e } 1,0 \text{ (encolhido)}$$

$$A = 0,5 \text{ m}^2 \text{ (ciclista de pé) e } 0,4 \text{ m}^2 \text{ (encolhido)}$$

$$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_r = 0,003$$

$$P = 200\text{W}, 375\text{W e } 500\text{W} \text{ dependendo do trecho}$$



UFSC/E-D-INSPE - B- Prof. Frederico de Sousa Cruz e Jose de Pedro Alves Filho



MODELO UTILIZADO PARA A CORRIDA DA FRANÇA

Table 1. Numerical results. The difference column is the difference between columns 3 and 2. The % difference is [(column 3 – column 2)/(column 2)] × 100%. The actual winning times are taken from Ref. 13.

Stage	Actual winning time	Predicted time	Difference	% Difference
0	0 h 07' 26"	0 h 08' 59"	01' 33"	→ 20.85
1	3 h 44' 33"	3 h 43' 57"	-00' 36"	-0.27
2	5 h 06' 33"	4 h 35' 51"	-30' 42"	-10.01
3	3 h 27' 39"	3 h 47' 02"	19' 23"	9.33
4	1 h 18' 27"	1 h 29' 42"	11' 15"	14.34
5	4 h 09' 47"	4 h 29' 41"	19' 54"	7.97
6	5 h 08' 35"	5 h 04' 35"	-04' 00"	→ -1.30
7	6 h 06' 03"	5 h 43' 22"	-22' 41"	-6.20
8	5 h 57' 30"	6 h 15' 28"	17' 58"	5.03
9	5 h 02' 00"	4 h 44' 58"	-17' 02"	-5.64
10	5 h 09' 33"	4 h 41' 29"	-28' 04"	-9.07
11	3 h 29' 33"	3 h 33' 12"	03' 39"	1.74
12	0 h 58' 32"	1 h 06' 23"	07' 51"	13.41
13	5 h 16' 08"	5 h 26' 07"	09' 59"	3.16
14	5 h 31' 52"	5 h 23' 21"	-08' 31"	-2.57
15	4 h 29' 26"	4 h 30' 38"	01' 12"	→ 0.45
16	4 h 59' 41"	4 h 53' 21"	-06' 20"	-2.11
17	3 h 54' 23"	3 h 59' 45"	05' 22"	2.29
18	4 h 03' 18"	4 h 35' 34"	32' 16"	→ 13.26
19	0 h 54' 05"	1 h 04' 17"	10' 12"	18.86
20	3 h 38' 49"	3 h 14' 55"	-23' 54"	-10.92
Total	→ 82 h 33' 53"	→ 82 h 32' 37"	→ -01' 16"	→ -0.03



UFSC/E-D-INSPE - B- Prof. Frederico de Sousa Cruz e Jose de Pedro Alves Filho