



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICAS

LUIS CARLOS DA SILVA

**A PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO E O CONCEITO DE
PROPORCIONALIDADE: *CONEXÃO FUNDAMENTAL NA CONSTRUÇÃO E
(RE)CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS***

Belém
2009

LUIS CARLOS DA SILVA

**A PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO E O CONCEITO DE
PROPORCIONALIDADE: *CONEXÃO FUNDAMENTAL NA CONSTRUÇÃO E
(RE)CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Ciências e Matemáticas (PPGECM), do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI) da Universidade Federal do Pará, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências e Matemáticas, na área de concentração: Educação em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Renato Borges Guerra

Belém

2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) –
Biblioteca do IEMCI, UFPA

Silva, Luís Carlos da.

A prática de ensino de física no ensino médio e o conceito de proporcionalidade: conexão fundamental na construção e re(construção) de conhecimentos / Luís Carlos da Silva, orientador Prof. Dr. Renato Borges Guerra. – 2009.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Belém, 2009.

1. Física (Ensino médio) – estudo e ensino. 2. Prática de ensino. 3. Professores de física – formação. 4. Matemática – estudo e ensino. I. Guerra, Renato Borges, orient. II. Título.

CDD - 22. ed. 530.7

LUIS CARLOS DA SILVA

**A PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO E O CONCEITO DE
PROPORCIONALIDADE: *CONEXÃO FUNDAMENTAL NA CONSTRUÇÃO E
(RE)CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Ciências e Matemáticas (PPGECM), do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI) da Universidade Federal do Pará, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências e Matemáticas, na área de concentração: Educação em Ciências.

Defesa: Belém (PA), 16 de novembro de 2009

Banca Examinadora

Prof. Dr. Renato Borges Guerra
Orientador, IEMCI/UFPA

Prof. Dr. Francisco Hermes Santos da Silva
Membro Titular Interno, IEMCI/UFPA

Prof. Dr. João Sandoval Bittencourt de Oliveira
Membro Titular Externo, UEPA

Aos meus pais, Luis Avelino e Maria das Graças Silva.

À minha querida esposa, Maria José, que sempre soube estar do meu lado, sofrendo ou vibrando comigo.

Aos meus filhos: Luis Fernando, David, Gustavo, Vitória e, especialmente, Luis Carlos Jr.

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Ser Superior, meu refúgio e minha fortaleza, por ter me ajudado a manter a serenidade nos momentos de turbulência.

Ao Prof. Dr. Renato Borges Guerra, orientador, pela competência, paciência, amizade, incentivo e confiança que me dedicou durante a realização dessa pesquisa, e também pelos problemas que me ofereceu, não facilitando meu trabalho, mas também pela presença determinante em momentos decisivos, fundamental para a concretização desta pesquisa.

Aos alunos das escolas em que atuei, pelas múltiplas questões que me proporcionaram, me fazendo refletir sobre minha prática, que se tornaram fontes de inspiração para a realização desta pesquisa.

Aos professores e doutorandos do PPGECM/UFPA, Roberto Andrade e Reginaldo Silva, pela amizade e discussões fundamentais na construção desta pesquisa.

Aos colegas de curso, Nonato, Silvio, Ivanildo, Mauro e Cristhian, pela amizade e troca de experiências.

À secretária Luciana e aos professores do PPGECM pela disponibilidade e atenção permanentes.

Aos professores de Física da Escola Estadual de Ensino Médio “Frei Miguel de Bulhões”, que, por meio das entrevistas em anexo, contribuíram com informações importantes para o desenvolvimento desta pesquisa e ao Prof. M. Sc. Eneias Barbosa Guedes que também contribuiu com este trabalho produzindo o mapa de localização do município de São Miguel do Guamá.

Ao Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves, ao Prof. Adilson Oliveira do Espírito Santo, e ao Prof. Dr. Francisco Hermes, figuras marcantes e determinantes para o desenvolvimento deste trabalho, pela exigência por resultados, pela atenção, apoio e estímulos constantes recebidos.

Enfim, agradeço a todos que, de uma maneira ou de outra, colaboraram para a realização desse trabalho.

O que vejo na natureza é uma magnífica estrutura que só conseguimos compreender com muita imperfeição, mas que pode satisfazer a uma pessoa com sentimento de humildade.

Albert Einstein (1879-1955)

RESUMO

Nesta dissertação buscou-se refletir sobre as dificuldades de professores e alunos com relação ao ensino e à aprendizagem de Física no ensino médio (EM). Construída à luz da Teoria Antropológica do Didático de Yves Chevallard, esta dissertação teve por objetivo apontar caminhos para a construção de nova(s) praxeologia(s) que considerem a (re)ligação/articulação dos vários conteúdos de Física, principalmente os do primeiro ano do EM, com a Matemática, evocando particularmente os conceitos de proporcionalidade e a regra de três algebrizada, para auxiliar na compreensão dos fenômenos físicos observáveis no dia-a-dia. Por meio de entrevista semi estruturada com 5 (cinco) professores que lecionam Física no ensino médio, em São Miguel do Guamá, estado do Pará, buscou-se entender, que tipo de relação estes estabeleciam entre a Física e os conceitos de proporcionalidade e destes com os fenômenos físicos. Por meio da análise das entrevistas constatou-se que a articulação entre a Física e a Matemática, com a intenção de compreender os fenômenos físicos, não era comum na prática de ensino dos professores de Física no ensino médio.

Palavras-chave: Física. Proporcionalidade. Mecânica. Praxeologia

ABSTRACT

In this work we reflect on the difficulties of teachers and students about teaching and learning of physics in high school. Built on the Theory of Anthropological Didactic (TAD) Yves Chevallard, this dissertation aims to point the way for the construction of new (s) praxeology (s) to consider (re) connect / integrate the various contents of physics, especially the first year of high school, and those with mathematics, recalling in particular the concepts of proportionality, to assist in understanding the physical phenomena observed in everyday life. Through semistructured interviews with five (5) teachers who teach physics in secondary in Sao Miguel do Guama-Pa, we sought to understand what kind of relationship they establish between physics and the concepts of proportionality (and the rule of three with algebra) to establish connections with the physical phenomena. Through analysis of interviews revealed that the relationship between physics and mathematics, with the intention to understand the physical phenomena, is not a common practice in the teaching of physics teachers in high school.

Keywords: Physics. Proportionality. Mechanics. Praxeology

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	13
1.1 APRESENTAÇÃO	13
1.2 ORIGEM DO PROBLEMA.....	17
1.3 O ENSINO DE FÍSICA: UMA BREVE REFLEXÃO	19
1.4 ENSINO E APRENDIZAGEM EM FÍSICA.....	26
1.5 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL	28
1.5.1 Ensino de Física no Pará	29
1.5.2 O ensino de Física no município de São Miguel do Guamá	30
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	33
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	33
2.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS: PRESSUPOSTOS NORTEADORES PARA A PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO.....	34
2.3 TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO	36
2.4 O PROCESSO DE ESTUDO: PRAXEOLOGIA DIDÁTICA.....	38
2.5 FÍSICOS E MATEMÁTICOS: E A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS ARTICULADOS.....	40
3 CONSTRUÇÕES DE CONEXÕES ENTRE A FÍSICA DO ENSINO MÉDIO E A PROPORCIONALIDADE	43
3.1 APROXIMAÇÕES: BUSCANDO A CONEXÃO ENTRE AS IDEIAS	43
3.2 INTERAÇÕES CONCEITUAIS: POSSIBILIDADES PARA O ENSINO DE FÍSICA E MATEMÁTICA	45
3.2.1 A Física e as fórmulas matemáticas.....	47
3.3 O CONCEITO DE PROPORCIONALIDADE E A REGRA DE TRÊS ALGEBRIZADA: EM BUSCA DE UMA APROXIMAÇÃO COM A FÍSICA NO ENSINO MÉDIO	48

3.4 ANÁLISE DOS DADOS APRESENTADOS PELOS PROFESSORES ENTREVISTADOS	56
3.4.1 Professor entrevistado I.....	56
3.4.2 Professor entrevistado II.....	59
3.4.3 Professor entrevistado III.....	61
3.4.4 Professor entrevistado IV	62
3.4.5 Professor entrevistado V	63
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E NOVOS DESAFIOS	67
REFERÊNCIAS.....	71
ANEXOS	76

INTRODUÇÃO

O ensino-aprendizagem das chamadas Ciências Naturais no ensino médio (EM), como a Matemática, a Química, a Biologia e a Física, já há muitos anos vem se configurando como um grande nó no quadro educacional brasileiro, por uma série de problemas a começar pela baixa produção científica nas regiões Norte e Nordeste do país. Pois mais de 90% da produção científica em nível de mestrado e doutorado, voltada para o ensino de Física no EM se concentra no Sul e no Sudeste do Brasil (NETO; PACHECO, 2001) indicando que esta problemática está destinada a um segundo plano.

Este fato vem acompanhado também da falta de investimentos, levando ao sucateamento das escolas principalmente no interior do estado, que em geral não apresentam estrutura que possibilite uma educação de qualidade, ou seja, ofereça condições para que os alunos possam (re)construir conhecimentos interligando teoria e prática. Os laboratórios são poucos e com deficiência em equipamentos – tanto os de informática quanto os necessários para a realização de experiências fundamentais à compreensão de alguns fenômenos de nosso dia-a-dia. Observa-se também a pouca ou nenhuma conexão entre a Física trabalhado em sala de aula com situações simples do cotidiano do aluno, bem como, com outras disciplinas como História e Filosofia, que são fundamentais para se compreender o surgimento de alguns conceitos de Física e, principalmente, com a Matemática, ferramenta que dependendo da forma como é utilizada, pode ser imprescindível para a compreensão dos fenômenos físicos em estudo no primeiro ano do EM.

Nesta dissertação, tem-se a intenção de compreender, por considerar fundamental na construção de conhecimentos na disciplina de Física, que tipo de conexão os professores de Física estabelecem entre a Física e a Matemática, em especial com os conceitos de proporcionalidade, no sentido de fazer relações com os fenômenos físicos do cotidiano, no primeiro ano do EM.

No EM o que mais se observa é uma preocupação exagerada com a preparação para o vestibular, o que pode contribuir para o surgimento de outros problemas ainda mais complexos, como a forma superficial que passam a ser tratados os conhecimentos, por deixar de lado a *relação íntima* que todo educador deve ter com o saber, que deve ser observado sob o prisma epistemológico, e não tratá-lo apenas de forma simplificada, sem considerar a complexidade multifacetada

do conhecimento.

Apesar das inúmeras e complexas relações que podem surgir entre as outras disciplinas, neste trabalho, a atenção foi voltada à conexão entre Física e Matemática, em particular com o conceito de proporcionalidade (recorrendo à regra de três algebrizada) para entender que relação os professores entrevistados estabelecem entre fórmula/expressão matemática, apresentada nos manuais escolares, com os fenômenos físicos simples observáveis em nosso dia-a-dia, em estudo no primeiro ano do EM.

Na busca pelo referencial teórico como forma de fundamentar esta pesquisa, julgou-se necessário recorrer a uma revisão de literatura existente, e por se aproximar dos objetivos desta dissertação, adotou-se a Teoria Antropológica do Didático (TAD) e suas categorias de análises, proposta por Yves Chevallard (1999; 2001) dentro da didática das matemáticas e ainda resgatar aspectos históricos, epistemológicos, praxeológicos, dentre outros, referentes ao ensino de Física, enquanto disciplina que faz parte do processo de formação básica no sistema educacional brasileiro.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1.1 APRESENTAÇÃO

A educação brasileira, em particular a paraense, necessita de uma reestruturação que possibilite a formação de cidadãos críticos, conscientes e atuantes na construção de uma sociedade mais justa, igualitária e que, além de oportunidades, ofereça também condições de crescimento e desenvolvimento pleno.

O ensino de conteúdos compartimentalizados, sem conexão com outras áreas de conhecimentos e com cada realidade, se configura como um grande problema na formação de futuros cidadãos, conscientes de seus direitos e deveres, e que possam atuar de forma crítica na sociedade, uma vez que o mesmo reduz/limita a visão de homens e mulheres, tornando-os mais fáceis de serem dominados pelos grupos que detêm o poder econômico e político no país.

Esta visão limitada, proporcionada por um ensino de disciplinas estanques, teve origem nos princípios de investigação dos fenômenos naturais, propostos por um grupo de intelectuais do final da Idade Média, dentre outros Descartes, Galileu Galilei, Newton e Bacon, que desenvolveram métodos muito semelhantes de estudo. Este método consistia em separar o todo em partes menores, compreendendo cada uma de suas partes e a partir de então tentar compreender o todo. Este método de investigação, que surgiu na Europa no século XVI, permeou toda produção científica até os dias atuais, e, segundo Capra (1980), foi o responsável pelo grande número de especializações nas diversas áreas de conhecimentos, incluindo a medicina do mundo ocidental, trazendo problemas de níveis astronômicos e mundiais.

O grande problema advindo dessa forma de investigação da natureza (das partes para o todo) se deve ao fato de o homem passar a ser visto como um ser independente da natureza, e esta passou a ser vista apenas como uma fonte de recursos na produção de bens o que vem provocando uma destruição sem precedentes de todos os recursos naturais (vegetais, animais e minerais) acompanhados de um crescente nível de poluição do solo, da água e do ar, além do grande número de doenças provocadas pela introdução do homem em ciclos (como é o caso da malária e do *Tripanossoma cruzi*) que ocorrem naturalmente no meio ambiente.

Todos estes fatos justificam a necessidade do desenvolvimento de projetos, de professores que busquem principalmente a interdisciplinaridade e a contextualização em suas práticas, e priorizem a formação de grupos ou comunidades de estudos, para a construção de conhecimentos mais significativos, que possibilitem recorrer a vários pontos de vista passando do unidimensional para o multidimensional, levando em consideração que todo desenvolvimento ou toda aprendizagem tem origem em interconexões de opiniões e de saberes, de um grupo ou de uma comunidade de estudiosos ou intelectuais preocupados com os mesmos problemas e não de um único indivíduo. Segundo Chevallard (2001, p. 198):

Parece, então, que, ao se falar de individualização do ensino, os fatos fundamentais que regem todo processo de aprendizagem são ignorados. Em primeiro lugar, embora a aprendizagem possa ser considerada como uma conquista individual, esquecem que é o resultado de um processo coletivo: o processo de estudo que se desenvolve no interior de uma comunidade, seja ela uma turma ou um grupo de pesquisadores. Em segundo lugar, o processo de estudo somente pode ser realizado se a aprendizagem for bem compartilhada dentro do grupo: para que o indivíduo aprenda. Desse ponto de vista, a aprendizagem também é necessariamente um fator coletivo.

Sonhar com uma sociedade mais justa e igualitária será possível quando se puder fazer interconexões e contextualizações de conhecimentos ou saberes com vários grupos de estudos, que ofereçam além de oportunidades, condições para que todos possam construir/reconstruir-se de forma plena.

A questão da compartimentalização das disciplinas tem ocupado as mentes de vários estudiosos em muitas universidades nacionais e internacionais. Em relação ao ensino de Física, uma das principais disciplinas relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico, as preocupações se encontram em um mesmo patamar. A busca por relações entre os conhecimentos físicos e outras áreas de conhecimentos, e por implicações destes, no âmbito social, político, econômico e cultural, tem sido o ponto de partida para que muitos educadores se desdobrem em reflexões em torno da importância e dos objetivos desse ramo de conhecimento.

A Física, ensinada atualmente nas escolas de EM, ainda tem um longo caminho a percorrer para superar o atual modelo de disciplina estanque e que na maioria das vezes ocorre pela transmissão e recepção mecânica e irrefletida de

conteúdos.

Assim sendo, esta tarefa consiste em resgatar e apresentar aos alunos o papel fundamental do conhecimento físico. E, portanto, despertar o alunado para a importância do seu envolvimento com sua própria aprendizagem, incentivando o desenvolvimento de uma responsabilidade por sua formação, por meio de estímulos e desafios contínuos à sua criatividade.

De acordo ainda com Chevallard (2001), os alunos demonstram-se desmotivados e desinteressados em obter conhecimentos fundamentais à sua formação, como cidadão e como profissional. Segundo o mesmo autor, esta irresponsabilidade está relacionada à dependência professor-aluno (CHEVALLARD, 2001, p. 81), estabelecida no contrato didático¹ estando subentendido que a escola é o único lugar em que se aprende, o que faz recair sobre o professor toda a responsabilidade pela aprendizagem dos alunos. Com o objetivo de “quebrar” esta interdependência professor-aluno, busca-se analisar a prática de ensino dos professores de Física do EM, em São Miguel do Guamá (PA), afim de identificar as conexões estabelecidas por estes, entre a Física e a Matemática, e a partir destas, **propor uma conexão crítica e reflexiva entre a Física e a Matemática, mais especificamente com os conceitos de Proporcionalidade, por meio da Regra de Três Algebrizada (ÁVILA, 1986) no sentido de buscar o estabelecimento de relações com os fenômenos físicos do cotidiano.**

Desta forma, a intenção é que ao evocar os conceitos de proporcionalidades, os professores de Física ultrapassem o modelo matemático, na perspectiva de possibilitar ao aluno a compreensão do fenômeno físico, mesmo levando em consideração que um modelo matemático não o descreve fielmente, mas sim o sentimento do físico, do pesquisador ou da comunidade científica, em relação ao fenômeno, obviamente o modelo matemático aplicado na resolução de problemas de Física, são parcialmente verdadeiros, no sentido de que não são absolutos.

Assim, ao evocar os conceitos de proporcionalidade, não se deve fazê-lo como uma mera ferramenta de resolução mecânica e irrefletida focada apenas no modelo matemático, que são aplicados sem nenhuma explicação prévia, e que este resgate esta concepção, passando a ser usada como forma de interpretar e

¹ O *contrato didático* é uma das noções básicas da didática fundamental. Pode ser considerado formado pelo conjunto de cláusulas que de uma maneira mais ou menos implícita, se estabelece entre aluno e professor.

compreender os problemas como uma extensão dos fenômenos físicos, e a partir desta compreensão, recorrer a melhor técnica para resolver cada tarefa proposta.

Na tentativa de melhorar a qualidade no ensino de Física, trilhar outros caminhos já se fazem necessários, diante do fracasso do atual, e que os novos possam potencializar o desenvolvimento de uma estrutura que auxilie o aluno a aprender Física construtivamente e de forma independente do professor, que passa de detentor de conhecimentos para mediador de conhecimentos construídos gradativamente por seus alunos, em detrimento de um ensino baseado na transmissão e na recepção mecânica.

Esta dissertação teve como pressuposto a necessidade emergente de que o processo de incorporação dos conhecimentos físicos esteja pautado pelo envolvimento na construção desses conhecimentos e pelo significado dessa construção. Destacou a importância da observação e da manipulação de situações diversificadas, para dar um significado à aprendizagem da Física, que por tantas vezes acaba sendo atrofiado no EM, pela infinidade de fórmulas, definições e memorizações mecânicas.

De acordo com o que foi mencionado anteriormente, delineou-se fragilidades e possibilidades de superação dessa questão, encarando esta problemática como pertinente, não só às condições metodológicas, como às posturas pedagógicas assumidas no processo de ensino e de aprendizagem da Física. Nesta pesquisa, buscou-se compreender, que relação os professores de Física do EM estabelecem entre a Física e a Matemática, e a partir desta compreensão, propor o estabelecimento de uma conexão crítica e reflexiva, entre ambas, utilizando mais especificamente os Conceitos de Proporcionalidade, por meio da Regra de Três Algebrizada (ÁVILA, 1986) com a intenção de possibilitar ao aluno a compreensão de fenômenos físicos simples do cotidiano, a partir de conceitos abordados em sala de aula, tais como velocidade, distância percorrida, tempo, entre outros. Para tanto, encaminhou-se possibilidades teóricas e práticas que subsidiem mudanças na postura do professor na prática docente, redimensionando a importância de um ensino de Física articulado com os conceitos de proporcionalidade.

Neste sentido, esta pesquisa foi pautada, inicialmente, por um exame bibliográfico sobre o tema, a fim de localizar pesquisas envolvendo a situação atual do ensino e da aprendizagem da Física, em conexão com a Matemática (mais

especificamente com os conceitos de proporcionalidade) e as propostas mais recentes desenvolvidas na tentativa de atenuar as deficiências deste processo de compartimentalização do ensino da Física, bem como o uso de modelos matemáticos, na resolução de problemas de mecânica no contexto escolar do EM. Entre os trabalhos analisados, destaca-se os de Chevallard (2001) e Filho (2000).

1.2 ORIGEM DO PROBLEMA

Em decorrência da prática docente, foi possível constatar alguns problemas decorrentes da estruturação e fragmentação, não só do ensino de Física, como dos programas desenvolvidos para essa disciplina. Programas pautados por conteúdos tratados numa rígida sucessão linear e em compartimentos estanques, instituindo como objetivo principal a precisão do cálculo e a crença na repetição como meio eficaz de construção do conhecimento, não oferecendo espaço para criação e recriação. Esta desarticulação entre a Física e a Matemática e a seleção de conteúdo a ser ensinado, tem sido a ponte de discussão entre muitos educadores brasileiros preocupados com a qualidade do ensino dessas áreas de conhecimento, dentre eles, Brockington e Pietrocola (2005, p. 1) que afirmam:

[...] Grande parte dos professores está presa a um cenário pedagógico sem muita flexibilidade, seja por prescrições de conteúdo, horários restritos e especificidades de suas próprias disciplinas. Não é incomum o professor sentir-se cercado pelas condições que lhes são impostas na escola, como a preocupação exacerbada com o cumprimento do programa ou a pressão por resultados no vestibular. Isso sem levar em conta o tamanho das turmas e a extensão dos currículos.

Esta é uma realidade, na escola onde se realizou parte da pesquisa, pelo fato de estar localizada bem ao lado de uma universidade. A cobrança no sentido de se esgotar todo o conteúdo e de resultados no vestibular é muito grande por parte dos alunos e da direção da escola. Soma-se a todos estes problemas, o fato de lidar também com salas de aula superlotadas, o que torna muito difícil um acompanhamento de cada aluno.

Outro problema que compromete não só a qualidade do ensino de Física, como qualidade da educação de modo geral, é que o professor no estado do Pará é remunerado somente pela carga horária efetivamente de sala de aula, ou seja, o governo não paga pelo tempo que este professor leva para elaborar suas aulas, ou projetos, ou no caso da Física, pela organização de alguma experiência. Em consequência deste fato, geralmente os professores são lotados com carga horária máxima, que chega a 280h mensais e ainda trabalham em cursinhos², ficando claro que não sobra tempo para ler, fazer cursos de atualização ou mesmo de refletir sobre sua própria prática.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999, p. 229),

O ensino de Física tem se realizado freqüentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significados. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo.

Todavia, o problema não tem sua origem centrada apenas nos entraves causados pela organização linear dos conteúdos, mas também na maneira de trabalhá-los. Ou seja, está fortemente vinculado aos procedimentos didáticos e metodológicos empregados no trato desses conteúdos, que não propiciam as devidas conexões, seja em nível intra ou interdisciplinar.

O que se percebe é que a resolução de problemas, utilizando conteúdos isolados das disciplinas de Física e Matemática, sem maiores relações e articulações de saberes, priorizando relações descontextualizadas e meramente quantitativas, tem provocado fracasso escolar no âmbito de tais disciplinas no EM.

Da forma como o ensino de Física e Matemática tem sido apresentado, os conhecimentos desenvolvidos não se relacionam - seja entre as disciplinas citadas, seja entre séries e níveis, causando dificuldades de aprendizado aos alunos. Essas desconexões também são percebidas no ensino de outras áreas de conhecimento como a Biologia e a Química. Entretanto, somente foi dimensionada a discussão em

² Devido os baixos salários, que segundo pesquisa realizada pelo Sindicato dos Trabalhadores em Educação Pública do Pará (SINTEPP-PA), é um dos piores do Brasil.

torno do ensino de Física e Matemática, apesar de considerarmos as demais também imprescindíveis.

Há, contudo, um privilégio de conteúdos escolares, que, em geral, subestimam os conhecimentos prévios desenvolvidos pelos alunos em suas interações sociais. Os conteúdos de Física são desenvolvidos de forma isolada, privando os alunos da riqueza que pode surgir da relação entre o conhecimento proveniente de sua experiência pessoal e os conceitos apresentados em sala de aula. O resultado deste distanciamento está posto nos índices de repetência, na não compreensão dos conceitos e fenômenos físicos, na evasão etc. deixando clara a deficiência no processo de ensino e aprendizagem.

Portanto, o propósito desse trabalho se constituiu num esforço voltado para o estabelecimento de uma conexão entre a disciplina de Física com a Matemática, mais especificamente com os conceitos de proporcionalidade, no primeiro ano do EM, com a intenção de que esta propiciasse ao aluno a compreensão também dos fenômenos naturais em estudo.

1.3 O ENSINO DE FÍSICA: UMA BREVE REFLEXÃO

A Física ainda é vista pela maioria dos alunos do EM, como uma área de conhecimento, produto da genialidade de mentes brilhantes como a de Nicolau Copérnico, Galileu Galilei, Johannes Kepler, Isaac Newton ou Albert Einstein (HAWKING, 2005) e que por isso, só é acessível para os mais privilegiados intelectualmente, ou para os que dedicam muitas horas de estudo, tentando decifrar seus códigos, recheados de leis e fórmulas matemáticas, que na maioria das vezes mais parecem com “hieróglifos egípcios”. Por essas e outras situações relacionadas à forma de apresentação do conteúdo pelo professor, os alunos aprendem desde cedo a não gostar da disciplina e que se fosse possível a evitariam durante sua trajetória estudantil. Quanto a esta temática Chassot (2001, p. 38) diz que:

Usualmente, conhecer a ciência é assunto quase vedado àqueles que não pertencem a essa esotérica comunidade científica. Já discutir, em diversos textos quanto a necessidade de nós professores e professoras de disciplinas científicas fazermos a migração do esoterismo para o exoterismo. Assim, a primeira explicação para a exclusão que decretamos a muitos é fazermos o nosso instrumental

de leitura da natureza algo hermético ou esotérico. Não desconheço aqui as razões históricas, muitas vezes até de segurança, que fizeram a ciência usar uma linguagem asséptica e hermética [...].

Fazendo uma análise a partir da perspectiva da Transposição Didática proposta por Chevallard e Johsua (1991), o que existe é uma série de inadequações no ensino de Física, que da forma comum, que ainda é apresentada³, torna mecânico o ensino e a aprendizagem da disciplina. Outro fator que contribui com essa visão da Física é a forma como o professor domina e trata o conhecimento específico. Se não detém o conhecimento e a didática necessária ao seu tratamento é muito provável que não venha a ter bons êxitos no processo de ensino. Por outro lado, mesmo um professor que tenha domínio específico, pode estar ensinando de forma inadequada, na medida em que se considera detentor e transmissor do conhecimento e o aluno passa a ser visto por este, apenas como um “recipiente” que receberá o conhecimento de forma passiva.

É possível constatar, no contexto atual do sistema de ensino, em particular no que diz respeito à Física, no primeiro ano do EM, um número considerável de alunos que não gostam de tal disciplina, sentimento que se intensifica com a idade e com o avanço escolar. Outra parcela encontra grandes dificuldades em compreender os conceitos ou fazer relações destes com os fenômenos naturais.

Com relação à prática educativa, pouco tem sido feito para alterar esse estado, de uma Física complexa, fria e sem sentido para uma Física simples, viva e cheia de significados. Segundo Melo (2007) esta situação pode estar relacionada à forma como é tratada a disciplina de Física na 8ª série. Em geral a Física na 8ª série é trabalhada por um biólogo que de acordo com o autor não recebeu formação universitária adequada para trabalhar com tópicos de Física como Cinemática, as Leis de Newton, Trabalho Mecânico, Energia, Termologia, Ondas, Magnetismo, Eletricidade etc. levando os professores à construção de uma prática de transmissão de conteúdos tal como é apresentado nos manuais escolares, sem mais reflexões, incentivando a memorização sem compreensão de conceitos físicos e também de modelos matemáticos desconectados dos fenômenos em estudo. Ainda com relação a este fato, Melo (2007, p. 16) afirma que:

³ Como uma sucessão de problemas, ou ainda como um grande conjunto de fórmulas que devem ser memorizadas pelos alunos.

Tomemos como exemplo a disciplina de Ciências Naturais, proposta no Ensino Fundamental e que abrange desde as séries iniciais até a 8ª série. Temos nela incluídos conhecimentos de Química, Física, Biologia e os Temas Transversais. Na maioria das vezes, esta área/disciplina vem sendo ministrada por professores licenciados em Biologia, cujo envolvimento com a Física e a Química não tem sido satisfatório nos processos avaliativos.

Dessa forma o professor de Biologia, por falta de uma formação voltada para o ensino de Física e também por não gostar da disciplina, acaba induzindo o aluno ao erro e a desenvolver certa aversão à disciplina, que traz com ele para o primeiro ano do EM. A tarefa do professor de Física no 1º ano é bastante complexa, pois tem a função de ensinar Física para turmas que tem uma concepção bastante negativa da Física, o que pode influenciar no seu interesse pela disciplina e conseqüentemente em sua aprendizagem.

No contexto escolar, sem dúvida, as respostas se multiplicam, assumindo diferentes posturas devido às variadas ênfases, que permeiam desde os objetivos econômicos até os pessoais. Alguns destacam o seu caráter utilitário, no que diz respeito à utilização e à criação de produtos tecnológicos, enquanto outros salientam a satisfação pessoal, designado ao ensino e à aprendizagem de Física.

O aprendizado de conceitos e fenômenos físicos extrapolam o utilitarismo, e pode, com certeza, colaborar para a realização pessoal. Todavia, é preciso criar situações de ensino e de aprendizagem que proporcionem o contato dos alunos com o mundo mágico da Física e lhes possibilite a (re)construção de conhecimentos.

Para isso, propõe-se nesta dissertação, que ao ensinar Física, os professores em primeiro lugar tenham um cuidado especial com a compreensão do fenômeno físico, e só a partir de então, evocar a Matemática, em particular os conceitos de proporcionalidade, por meio da regra de três algebrizada (ÁVILA, 1986) para a construção de técnicas ou de modelos matemáticos (CHEVALLARD, 1999) para resolver o problema proposto.

Existe um hiato entre entender as técnicas de resolução e compreender o fenômeno físico. Um estudante pode conhecer a técnica de resolução de certo assunto de Física e não ter a mínima noção do que esteja fazendo, não consegue dar sentido ao conhecimento envolvido no processo de resolução. Isto, infelizmente, não é um caso raro, e se tornou cada vez mais comum entre os estudantes, em especial na disciplina de Física.

Vale ressaltar que isso pode acontecer sem que o estudante perceba. Ele pode ter a impressão de que entende o fenômeno Física em si, apesar de isso não ocorrer. Não são percebidas as conexões/articulações entre os processos envolvidos no entendimento de fenômenos físicos com as técnicas de resolução ou com os métodos aritméticos. Assim, pode-se concluir que a ênfase na utilidade exclui o estudo da 'teoria' ou do fenômeno físico, tornando difícil e praticamente impossível a fertilização de ideias (PIETROCOLA, 2002). Geralmente, o que ocorre é o reconhecimento de um padrão de perguntas e de suas possíveis respostas, dando a falsa impressão da compreensão do fenômeno em estudo.

Não raro, o professor se apresenta como o detentor da informação e a fonte autoritária responsável por encaminhar e repassar aos alunos tais informações, dando seguimento ao processo designado como ensino. Essa dinâmica baseada na transmissão não tem apresentado resultados satisfatórios na busca da compreensão dos fenômenos físicos. Os problemas podem ser vários, com diferentes fatores, localizados na fonte de informação, no processo de transmissão ou, até mesmo, na fonte receptora. Ou, ainda, envolva todos esses fatores e esteja denunciando a inadequação do sistema por completo.

Está claro que existem deficiências bastante sérias em pontos fundamentais do sistema vigente, como afirmam os trabalhos de Pietrocola (2002), Pinheiro (1996) e Alves Filho (2000), que permeiam tanto os processos de ensino e de aprendizagem como os métodos utilizados no encaminhamento desses processos.

A retificação desse cenário está atrelada à criação de situações de ensino e de aprendizagem onde o conhecimento e a compreensão são motivados por si próprios, por situações onde as informações não são apenas repassadas e, simplesmente, armazenadas por seus receptores. Mas sim, proporcionam a formulação de concepções, a compreensão estruturada dos fenômenos físicos, por meio da conexão articulada com conceitos matemáticos, como os conceitos de proporcionalidade, que funcionam como conector tanto dentro da Matemática como dentro de outras áreas de conhecimento, como é o caso da Física. Por relacionar duas ou mais grandezas, os conceitos de proporcionalidade (que são próprios da Física) podem possibilitar a incorporação gradual de significados aos fenômenos naturais.

Outro sentido dado à aprendizagem de Física, associado ao caráter utilitarista, está ligado ao fato de a disciplina ser essencial ao progresso de outros

campos de conhecimento, sejam eles ditos, puros ou aplicados. Entre muitos é possível destacar a sua importância junto às mutáveis exigências da Química, da Biologia, da Engenharia, entre outros. Nesse caso, a Física escolar deve suprir ao menos os elementos básicos que possibilitem a compreensão de novas técnicas e processos mais elaborados, baseados nesses elementos essenciais. Porém, mesmo que a aprendizagem de Física seja justificada pela necessidade de prover a carência de pessoal adequado para os estabelecimentos de pesquisa, a simples aquisição de regras ou técnicas de resolução, tal como estão postas nos “manuais escolares” não é suficiente.

A falta de compreensão dos processos matemáticos, aplicados na disciplina de Física, de suas construções e significados, vem se reafirmando há anos como um grande problema no contexto do ensino e da aprendizagem desta disciplina na maioria das escolas de EM.

Tomada nesses princípios, a Física, de acordo com Brockington e Pietrocola (2005), especialmente quanto à sua aprendizagem, se apresenta como poderoso filtro social através do qual o fisicamente apto sobrevive pela seleção natural. Enquanto os demais, nem tão brilhantes, gradualmente são relegados ao ‘depósito físico’ como inferiores, cidadãos de segunda classe, inadequados para a iniciação nos mistérios da Física.

Diante desse contexto de seleção, é nítido o descaso com os objetivos mais contemporâneos do ensino de Física, do seu comprometimento com a formação do sujeito. A constituição do sujeito é um processo de integração. Engloba diferentes aspectos inerentes à condição física, à social e à intelectual em que o sujeito está submetido, dependendo diretamente da reunião progressiva dessas peças até a constituição de um conjunto prudente e equilibrado. Quando levados em consideração esses aspectos, certamente, se estará colaborando para a constituição de um sujeito crítico, construtivo, preparado para estabelecer conexões e identificar diferenças.

Cabe aos educadores assegurar a adesão dos alunos a essas possibilidades, à oportunidade de alcançar um grau de integração e formação tão elevado quanto forem capazes, do mesmo modo que é de garantir situações que ofereçam a esses alunos a possibilidade de construir suas próprias estratégias no âmbito do conhecimento físico. Esse seria, certamente, um meio que permitiria justificar a validade da aprendizagem de Física pelos alunos.

Como se vê o produto desse sistema é um aprendizado compulsório produzido pelo método de punição e recompensa instaurado no processo de ensino atual. Nessas condições fica difícil crer em algum efeito integrador. Até mesmo aqueles alunos que, de alguma forma, conseguem associar padrões de perguntas e de respostas, que convivem com a falsa sensação de entendimento, não alcançam patamares distintos dos demais em relação à sua formação. Esses não conseguem superar uma percepção limitada, padronizada. Não integram/articulam o que aprendem com outros segmentos do seu conhecimento ou com situações vivenciadas em seu dia-a-dia.

A construção do conhecimento físico pautado pela integração consiste em habilitar os alunos a consubstanciar suas experiências e expectativas de alguma forma particular, individual, organizando e sistematizando suas experiências, estruturando seus conceitos. Quando a experiência não faz sentido com o que se aprende, ela não é integrada, assimilada, e não cristaliza nenhuma situação que leve ao aprendizado significativo.

De modo geral, parte do aprendizado de Física dos alunos, produzido pelo sistema atual de ensino, resulta em uma compreensão deficiente dos conceitos e dos fenômenos físicos, comprometendo substancialmente a extrapolação na busca de conexões com outras áreas de conhecimento. Contudo, o contexto não é tão ruim a ponto de não ter reversão, existindo possibilidades bastante significativas, na direção de progressos. Nesse contexto, os PCN (BRASIL, 1999, p. 230) afirmam que:

Não se trata, portanto, de elaborar novas listas de tópicos de conteúdo, mas de, sobretudo de dar ao ensino de Física novas dimensões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Apresentar uma Física que explique a queda dos corpos, o movimento da Lua e das estrelas do céu, arco-íris e também os raios Laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação. Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes formas de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma Física que discuta a origem do Universo e sua evolução. Que trate do refrigerador ou dos motores a combustão, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia-a-dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões. Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado.

Assim, os PCN surgem trazendo novas perspectivas para o processo de ensino/aprendizagem de Física. Apontam para novos rumos a serem seguidos em prol de mudanças na maneira de conceber a aprendizagem e a abordagem do conhecimento físico. Estes buscam fornecer elementos que ampliem o debate acerca do ensino de Física, socializando informações e resultados de pesquisas. Todavia, o abandono da situação tradicional, embora necessário, é uma mudança que deve ocorrer de forma gradual, em cujo caminho poderão ser cometidos alguns erros. Porém, se mostra bastante promissora a necessidade de ligação entre o fenômeno físico e o modelo matemático que o explica.

Portanto, é preciso estar ciente dos efeitos, positivos e negativos, a longo e curto prazo, sem abrir mão da unidade do conhecimento físico e da importância do planejamento minucioso das experiências e das ações educativas que serão empreendidas. Neste sentido, é de fundamental importância para um aprendizado significativo da Física a existência de um planejamento metódico e consciente que reconheça a relevância das experiências na construção de conhecimentos físicos como um todo, ciente dos seus processos e produtos. Salienta-se, também, a importância de diversificar essas experiências, através da concessão de uma rica variedade de situações significativas que possibilitem a compreensão de fenômenos físicos.

Nesse cenário, o papel do educador é essencial para que a dinâmica das ações se efetive. Ele deve estar a par da complexidade inerente ao processo de aprendizagem da Física, bem como das limitações e particularidades de cada aluno. E, acima de tudo, ter clareza da abrangência de situações de aprendizagem voltadas para a criação e a construção, por estas possibilitarem tanto a satisfação e a motivação quanto a frustração nos processos de aprendizagem que partem dessas experiências. Para tanto, a renúncia do professor que assume uma postura central de poder é imprescindível, em prol da recuperação do seu papel como mediador das construções do conhecimento físico, que se constituem de forma individual ou em pequenos grupos sob a orientação e conselhos, sem imposição ou transferência de ideias, mas pela comunhão de argumentos e reflexões.

Quando o aluno consegue compreender um fenômeno físico por meio de suas experiências e construções, ele assimila o valor intrínseco desse conhecimento

incorporando à sua formação de sujeito social, ativo e construtivo. Nesse sentido é relevante esclarecer a concepção de aprendizagem de Física aqui defendida. Considera-se como tal a capacidade de apreensão das conexões estruturais entre os conceitos matemáticos, neste caso com os conceitos de proporcionalidade, suas simbolizações e dimensões conceituais dentro e fora da Física, bem como o discernimento em atribuir significado a esses conceitos, em situações ligadas à realidade.

1.4 ENSINO E APRENDIZAGEM EM FÍSICA

A disciplina de Física, por estar estreitamente relacionada com alguns conceitos de Matemática, é considerada pela maioria dos alunos do EM, uma matéria de difícil compreensão. Porém, o que se pôde verificar por meio de consultas bibliográficas de autores nacionais e internacionais e de entrevistas realizadas com 5 (cinco) professores que lecionam Física no EM é que existe uma série de inadequações no ensino de Física, a exemplo a forma como ainda é apresentada a disciplina na maioria das escolas, estanque e fragmentada, sem conexões com outras disciplinas, ou ainda, como uma interminável sucessão de problemas, para o qual sempre existe uma fórmula pronta, ao qual o aluno deve memorizar, para aplicar no momento certo.

Outro aspecto que contribui para que se tenha essa visão negativa da Física, é a atual concepção, estabelecida entre professores, de que a Física é um conjunto de conhecimentos prontos e acabados, fruto de mentes brilhantes como a de Galileu Galilei, Isaac Newton, Nicolau Copérnico, Albert Einstein e Stephen Hawking, dentre outros considerados gênios da ciência é que esta disciplina foi feita para gente de mente brilhante, e que por isso basta dominar o conhecimento e ser fiel na “transmissão”, incumbindo aos bons alunos a “simples” tarefa de “recepção” desses conhecimentos. Contudo, acredita-se com firmeza que somente o domínio de conteúdos de Física, não é suficiente para que ocorra um efetivo processo de ensino e aprendizagem. É preciso que os professores acrescentem a estes conhecimentos a constante reflexão de sua própria prática e a didática necessária para criar estratégias com o objetivo de amenizar as dificuldades dos alunos no EM e promover a sua independência para pesquisa e construção de novos

conhecimentos.

Esta dissertação se posiciona a favor do fim da era da “transmissão” pelo professor que domina os conhecimentos físicos e a “recepção” irrefletida e mecânica pelos alunos e em contra posição, defende-se o professor como mediador, que possibilite ao aluno desenvolver a autonomia para a pesquisa e a (re)construção de conhecimentos. Porém a Física em questão no EM, em muitos casos parece estar muito distante da realidade e quanto a este fato concorda-se com Barroso (mar/2005), quando coloca que:

Então, você junta a inexistência de uma cultura específica, com a má formação dos professores, com a dificuldade intrínseca e com o nível de abstração necessária para construir a ciência, e isso tudo junto faz com que a Física seja uma ciência desinteressante, "decoreba", "baixo astral". Se na universidade, o professor dá aula usando só o quadro negro e giz, o que o aluno vai fazer quando for dar aula no ensino médio? Vai usar quadro negro e giz. Agora, se o professor usa vídeo, muito experimento, tecnologias diferenciadas de aprendizagem, o aluno que assistiu àquela aula vai aprender a procurar essas coisas... A gente sempre diz, na área do ensino, que todo mundo ensina do jeito que aprendeu.

É esta Física a que se refere Barroso, que infelizmente tem sido desenvolvida na maioria das escolas de EM. No entanto, mesmo com todas essas dificuldades, não se pode desistir do sonho de uma mudança no quadro da prática de ensino de modo geral, especificamente com relação à Física como foco desta pesquisa. E volta-se a afirmar que da forma como vem sendo apresentado o ensino de Física nas escolas de EM, não se desenvolve suportes necessários para que os alunos possam dialogar com os conceitos teóricos em conexão com os fenômenos físicos, o que conseqüentemente pode impedir os alunos de abstrair reflexivamente os conhecimentos da Física, por meio da compreensão dos fenômenos naturais. É preocupante o desenvolvimento de atividades práticas que levem em consideração apenas os aspectos conceituais, sem levar em consideração a conexão entre a Matemática e a Física (de forma que a Matemática passe a ser vista não como uma mera ferramenta, e sim como uma forma de compreensão das leis que regem a maioria dos fenômenos físicos percebidos pelos nossos sentidos) e desta com os fenômenos em estudo e também com outras áreas de conhecimentos fundamentais à compreensão do processo de construção do conhecimento físico em si como a História e a Filosofia, dentre outras.

1.5 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

A construção do ensino no Brasil ocorre por volta de 1549 a 1759, período do Brasil-colônia, marcada pelo adestramento dos primeiros povos que aqui habitavam e organizaram a elite religiosa e comandavam o ideal educacional europeu. Os primeiros educadores no Brasil foram os jesuítas com uma educação clássico-humanista, vinculada à fé cristã de acordo com a sociedade portuguesa. Após séculos de colonização, com a independência se deu a elaboração de projetos para a criação de um sistema educacional brasileiro, porém de baixa estrutura em decorrência da educação pública imperial. O Brasil chegou à independência destituído de qualquer forma organizada de educação (XAVIER, 1994).

Com a abertura de portos, a navegação e o comércio exterior, foram introduzidos em nossa cultura outras formas de pensamentos, pois Portugal, em termos de conhecimentos científicos, era bastante atrasado em relação ao restante da Europa, e devido a este fato, o ensino de Física no Brasil nasceu de forma bastante precária e inexpressiva.

A Física começou a ser trabalhada formalmente no Brasil, depois da Primeira Guerra Mundial. No início, a Física estava direcionada como matéria para formação de engenheiros civis, militares e médicos. Assim, em 1823 começou a ser criado o primeiro laboratório para o ensino de Física no Brasil, instalado no Museu Nacional por João da Silveira Caldeira, onde aconteceram as primeiras aulas práticas de física para médicos e militares do Rio de Janeiro, embora de forma bastante precária e de baixa qualidade.

Neste contexto, no Brasil os avanços em termos de desenvolvimento da Física só foram percebidos por volta da década de 1930, pois com as perseguições políticas, alguns cientistas vieram para o Brasil, e começaram, por assim dizer, a preparar os primeiros alicerces para a construção do ensino de Física, tendo como grandes contribuidores Gleb Wataghin, professor convidado, recém chegado da Itália, um dos fundadores do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL-USP) que orientou os três primeiros trabalhos de estudantes de engenharia interessados em Física. Os trabalhos orientados foram os de Mário Echenberg, Marcelo Damy e Paulus Pompéia, e que mais tarde se

juntaram a outros estudantes como Cesar Lattes e Oscar Sala. Na mesma década, Bernard Gross, no Rio de Janeiro, convidado pelo Instituto Nacional de Tecnologia, inicia seus trabalhos com a investigação dos sólidos, sendo acompanhado por José da Costa Ribeiro (MENEZES, 1988, p. 46). Embora de má qualidade, pouco atualizado, esse ensino começou a formar um grupo de pessoas que detinham um certo conhecimento em Matemática e com algum senso de experimentação.

Os primeiros trabalhos de investigação de raios cósmicos no Brasil foram feitos sob a orientação de Gleb Watagui e Ochialini e deram grande contribuição à carreira de Cesar Lattes, que ainda bastante jovem fez descobertas importantes em Física de partículas elementares e também para a carreira de físicos como Sala e Damy que lideraram os primeiros laboratórios de física nuclear no Brasil.

Com relação à Física teórica no Brasil, conta-se com cientistas de ótima qualidade, como Schenberg, que deu contribuições espetaculares em diversas áreas de Física e astrofísica, que juntamente com Leite Lopes, Tiomno e Lattes criaram o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (MENEZES, 1988, p. 47).

Com a expansão da Universidade de São Paulo na década de 1940 e com as experiências em Física nuclear, cria-se o Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) fundado em 1951 que veio estimular o desenvolvimento da pesquisa em ciências e a descentralização dos recursos para pesquisa e intercâmbio com o exterior, sendo o ponto de partida para o surgimento de cursos de pós-graduação em Física, já na década de 1960.

1.5.1 Ensino de Física no Pará

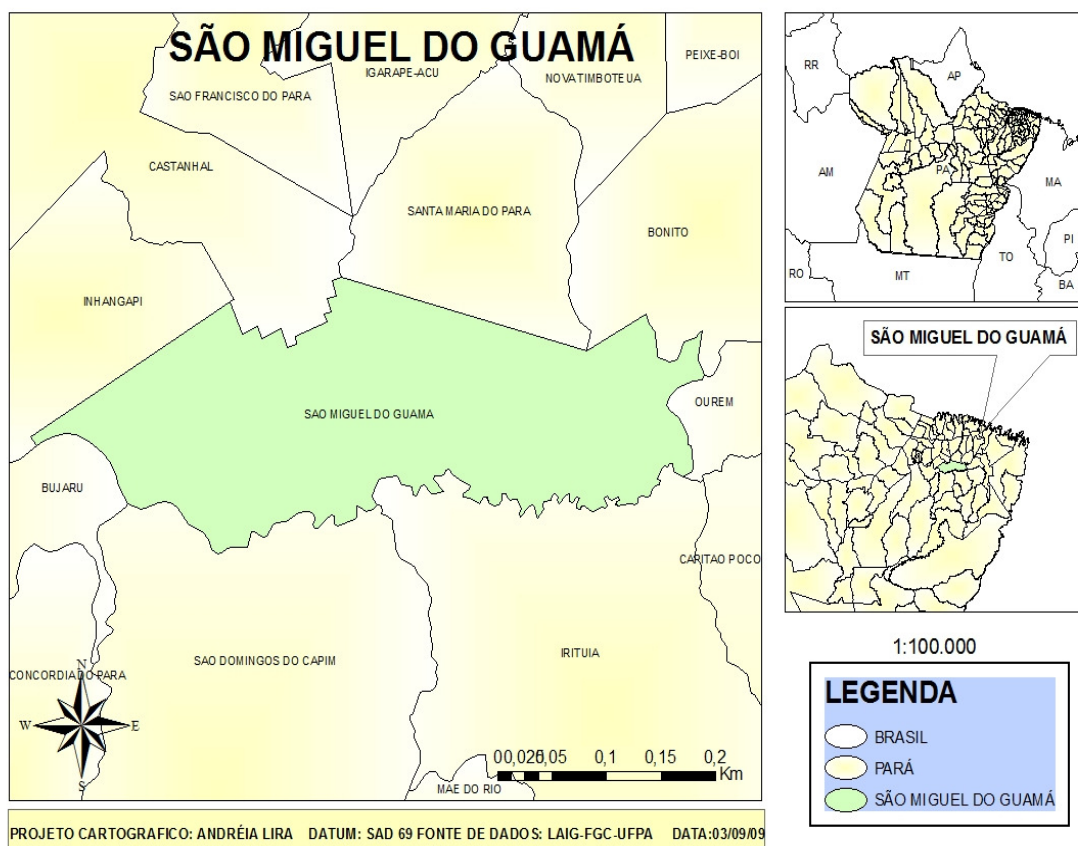
A gênese da história da Física no estado do Pará, enquanto ramo de conhecimento autônomo se mostra com maior ênfase através da criação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Belém. Para se ter ideia na época (1950), o curso de Matemática era o único em que a Física era abordada. A partir de 1955, o efetivo exercício do magistério em Física se deu, tendo como primeiros professores o farmacêutico e advogado Antonio Augusto Carvalho Brasil, o agrônomo José Mário Hesketh Conduru e o engenheiro civil Rui da Silveira Brito, visto que todos exerceram o magistério em ensino de Física na Escola de

Agronomia do Pará/Amazônia, que era ministrada como Física geral e experimental na 1ª e 2ª série do curso de Matemática (Física clássica e Física moderna).

Atualmente existe uma grande quantidade de graduados em Física espalhados pelo Brasil, uma parte deles se dedicam à ciência e à pesquisa em unidades de ensino superior e outra ao ensino de Física no nível médio. No entanto, a demanda de profissionais habilitados em Física no Pará ainda é insuficiente e não consegue suprir as necessidades atuais do ensino médio e com isso os licenciados em matemáticas e engenharia é que assumem uma grande porcentagem da carga horária de Física nas escolas estaduais de EM no estado do Pará.

1.5.2 O ensino de Física no município de São Miguel do Guamá

O município de São Miguel do Guamá (PA) pertence à região Nordeste do estado do Pará, microrregião Guamá e a Zona Guajarina. São Miguel é constituído por quatro distritos: Guamá, Urucuriteua, Urucuri e Caju. A sede municipal localizada a margem direita do rio Guamá é cortada pela rodovia federal Belém-Brasília (BR-010), distante aproximadamente 143 km de Belém, a capital do estado do Pará. Possui uma área total de 1.110 km², onde se distribui aproximadamente uma população de 46.000 habitantes (Mapa 1).



Mapa 1: Localização do município de São Miguel do Guamá, estado do Pará
 Fonte: LAIG/FCG/UFPA (2009)

Atualmente a população vive do comércio local, da indústria oleiro-cerâmica, das madeiras, da agricultura e da pecuária.

De acordo com entrevista realizada com a ex-diretora da Escola Estadual de Ensino Médio Frei Miguel de Bulhões, Sra. Terezinha Ataíde, a primeira escola de nível médio só foi implantada em São Miguel do Guamá, em 28 de maio de 1979, com uma turma de 1ª série de magistério.

O ensino de Física em São Miguel do Guamá vem se desenvolvendo com uma série de dificuldades desde a fundação da escola, a exemplo da falta de professores habilitados na área e a falta de recursos didáticos básicos como livros e um laboratório para a realização de experiências fundamentais à compreensão de fenômenos físicos elementares.

Examinando o arquivo passivo da escola e os históricos dos alunos que constituíram a primeira turma de magistério, foi possível observar que aos alunos era

oferecido apenas uma noção de Física na disciplina de CFB (Ciências Físicas e Biológicas) ministrada pela professora Nelma Silva Prado Pinheiro, que se deslocava de Castanhal, município vizinho a São Miguel do Guamá.

No ano de 1984 foi implantado na escola o Curso Técnico em Administração, porém não mudou em nada o ensino de ciências, o que perdurou ainda por muitos anos. Foi somente em 1991, que a Física, passou efetivamente a ser estudada como disciplina à parte nos cursos de Magistério e Administração. Apesar deste pequeno avanço, as aulas de Física se restringiam apenas às turmas de primeira série.

As primeiras turmas de ensino médio e ensino normal foram implantadas na escola no ano de 2000, com a extinção das respectivas turmas de Administração e Magistério e só a partir de então a Física passou a fazer parte dos três anos do EM e incluída até ao terceiro ano do atualmente extinto ensino normal, o que sem dúvidas representou um salto no ensino de Física em São Miguel do Guamá.

Atualmente a Escola Frei Miguel de Bulhões conta com 5 (cinco) professores que trabalham com a disciplina de Física, sendo que 4 (quatro) deles possuem licenciatura plena em Matemática e apenas um deles é concursado e possui formação em licenciatura plena em Ciências Naturais com habilitação em Física⁴.

⁴ Informações obtidas junto à direção da Escola Estadual de Ensino Médio “Frei Miguel de Bulhões” sob a direção de Benedito Moura Jr. A escola localiza-se na Tv. Antonio Carlos de Lima, n. 118, bairro de Nossa Sra de Nazaré, São Miguel do Guamá, PA. Tel.: (91) 3446-2062.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta pesquisa se apoia na Teoria Antropológica do Didático (TAD) proposta por Chevallard (1999) e Chevallard et al. (2001), por oferecer as ferramentas necessárias para analisar modelos matemáticos já estabelecidos presentes nos manuais escolares de Física no EM ou até construir um modelo para solucionar uma determinada tarefa posta por meio de uma organização didática. Ao se apoiar na TAD, tem-se a intenção de construir uma organização didática para as aulas de Física principalmente no 1º ano do EM, que *a priori*, possibilite ao alunado compreender fenômenos naturais, que fazem parte de nosso dia-a-dia, e a partir de então fazer uma leitura diferente, dos modelos prontos apresentados nos manuais escolares percebendo as relações entre grandezas por trás do modelo matemático. Assim, o que é uma organização didática? Ou organização matemática? Para Chevallard (2001, p. 193), a organização didática pode ser considerada como o trabalho intelectual do professor na elaboração de uma aula ou do aluno na tentativa de solucionar uma determinada tarefa que precede à aplicação de técnica(as), tecnologia e teoria, que devem dar cabo da tarefa.

Como uma organização matemática é considerada uma atividade humana, pode ser entendida em termos epistemológicos como uma praxeologia. Uma praxeologia, segundo Chevallard (2001, p. 254), é uma forma de organizar o trabalho matemático. Praxeologia é uma palavra de origem grega composta por duas outras palavras a “práxis” e o “logos” formando dois blocos que estão intimamente relacionados como os dois lados de uma mesma moeda.

Neste trabalho, procura-se analisar a “práxi” ou “praxeologia”, segundo Chevallard (1999), de 5 (cinco) professores de Física do ensino médio (EM) com o objetivo de descobrir qual o tipo de conexão os professores estabelecem. Analisando o currículo de Física do 1º ano (Anexo VII) do ensino médio, pôde-se perceber que recorrendo ao pensamento de grandezas direta e inversamente proporcionais e regra de três simples é possível entender e resolver uma grande gama de fenômenos relacionados principalmente com Cinemática, como por exemplo, velocidade média ($v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$) força ($f = ma$), densidade ($d = \frac{m}{v}$), trabalho ($\tau = f\Delta S$), potência ($pot = fv_m$), dentre outros conteúdos do 1º ano, que mudam

apenas as grandezas relacionadas, mas a relação matemática empregada é a mesma: proporcionalidade e regra de três simples.

Foi neste momento que se deu conta da importância dos conceitos de proporcionalidade na compreensão e resolução de fenômenos físicos. A partir de então se propôs a pesquisá-lo e compreendê-lo com mais profundidade. E foi este estudo que motivou o pesquisador a analisar qual(ais) tratamento(s), conexões e importância os professores de Física do EM atribuem aos conceitos de proporcionalidade.

Este conceito também parece ser chave para se compreender outros conteúdos dentro da Matemática, daí então pode-se presumir sua importância. A partir desta concepção, buscou-se analisar as praxeologias de 05 (cinco) professores de Física do EM, apoiando-se também na Teoria Antropológica do Didático (TAD). A TAD, proposta por Chevallard(2001) que trata da complexidade relacionada à prática docente, principalmente no que se refere a reorganizações didáticas dos temas que aparecem nos programas oficiais e nos manuais escolares, com o objetivo de criar melhores condições de ensino e aprendizagem. Segundo Chevallard (1999), esta teoria tem por objetivo estimular a reflexão dos professores sobre suas práticas, e criar situações problemáticas objetivando a reflexão e a aprendizagem dos alunos, e desta forma aprofundar seus próprios conhecimentos.

2.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS: PRESSUPOSTOS NORTEADORES PARA A PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO

A metodologia da pesquisa se desenvolveu dentro dos pressupostos da abordagem qualitativa através de entrevistas semi-estruturadas com cinco professores que lecionam Física no EM numa escola da rede estadual de ensino no município de São Miguel do Guamá-PA.

Inicialmente foram feitos o levantamento bibliográfico sobre o referencial teórico e sobre o ensino de Física no EM, e a pesquisa em manuais escolares indicados pelos professores. Foram realizadas também análises do currículo de Física do 1º ano do EM, onde foi possível perceber que com o domínio dos conceitos de proporcionalidade e regra de três (direta, inversa e composta) podem possibilitar aos alunos a entender diversos fenômenos físicos e a resolver diversos

problemas propostos, pois as fórmulas de velocidade, densidade, as Leis de Newton, Gravitação Universal, Elasticidade, Potência etc. não passam de relações entre grandezas direta ou inversamente proporcionais e todos os problemas envolvidos podem ser resolvidos por meio de uma Regra de Três Algebrizada. De acordo com Ávila (1986) a relação de proporcionalidade direta ou inversa entre as variáveis é verificada a partir da equação que estabelece a dependência entre elas.

Tendo em vista a preocupação em dar ênfase ao resgate do conceito de proporcionalidade, direcionou-se investigar a prática docente de cinco professores que lecionam Física no 1º ano do ensino médio. Porém, não foi excluída a sua aplicabilidade a outras séries ou níveis de ensino, como no ensino fundamental ou até mesmo no ensino superior.

Contudo, o propósito ao escolher esse público-alvo não foi verificar se esses professores sabem resolver problemas envolvendo proporcionalidades⁵, ou grandezas proporcionais e sim verificar de que forma está sendo efetivada esta conexão entre o problema de Física apresentado e a Matemática em particular com os conceitos de proporcionalidade. Neste caso, de que forma os conceitos de proporcionalidades são evocados, se para atribuir-lhes apenas um valor quantitativo ou como uma forma qualitativa de entender o fenômeno físico em si, pois não há possibilidade de interpretar um problema físico antes da compreensão do fenômeno físico em si. O questionamento a este respeito é o seguinte: em primeiro lugar os professores evocam os conceitos de proporcionalidade no momento de resolver problemas de Física? Em segundo lugar, se evocam, como o fazem? Em terceiro lugar, se não evocam, de que forma ensinam os alunos a resolver os problemas de Física?

Tais dados e outras informações relevantes foram coletadas com base em entrevistas semi-estruturadas e posteriormente analisadas de acordo com a Teoria Antropológica do Didático de Chevallard (2001), tendo como pressupostos os objetivos desta dissertação e as contribuições significativas.

Essa análise procurou captar, através dos resultados observados, o maior número possível de posicionamentos e reações imediatas sobre a validade da ação pedagógica empreendida e o desenvolvimento pelos professores em suas atividades. Desse modo, essas informações obtidas por meio das entrevistas

⁵ Levando em consideração que dos cinco, quatro são formados em Matemática e apenas um se formou recentemente em Física.

serviram para a construção de significados e compreensões resultantes de uma ação colaborativa, de reflexão contínua. Para Chevallard (2001), a construção do conhecimento é uma prática coletiva e essa discussão/troca de saberes são importantes, pois são estas que tornam o conhecimento ótimo.

Assim, propõe-se como sugestão a construção de um instrumento, nesse caso uma proposta de atividade, ou praxeologia didática, de acordo com Chevallard (1999) utilizando a regra de três algebrizada, segundo Ávila (1986) com perspectivas de aplicação no ensino de Física. Tal instrumento deve considerar em primeiro lugar a compreensão do fenômeno físico e só a partir desta compreensão/reflexão contínua, do planejamento e do (re)planejamento constante, é que deve ser aplicada a técnica (regra de três algebrizada) na tentativa de encontrar um resultado quantitativo coerente.

2.3 TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO

As obras de Chevallard (1991), Chevallard, Bosch e Gascón (2001), Gascón (2003), Chevallard e Gascón (2006) mostram como a Teoria Antropológica do Didático surgiu e se desenvolveu dentro da investigação em Didática da Matemática.

Propõe uma nova forma de modelagem da atividade matemática, do seu ensino e aprendizagem através das noções de praxeologia da Didática da Matemática. Também introduz uma escala de níveis de Matemática e Didática para o estudo da determinação genérica de restrições provenientes da sociedade, escola ou de diferentes disciplinas ensinadas na escola, bem como os mais específicos, aqueles provenientes do modo como a Matemática escolar é organizada e dividida em "blocos de conteúdo", domínios, temas e tópicos. Depois de uma curta abordagem sobre TAD, procurou-se ver como considerar a modelagem matemática e como formular e abordar o problema que destaque a conexão entre Física e Matemática no EM.

A TAD propõe uma epistemologia geral para o modelo de conhecimento matemático, concebido como uma atividade humana. A principal ferramenta teórica é a noção de praxeologia (ou organização matemática). Praxeologia, para Chevallard (1999), é toda atividade humana que pode ser regularmente descrita por um modelo único e pode ser estruturado em dois níveis:

a) A *praxe* ou saber-fazer, que inclui diferentes tipos de problemas que devem ser estudados bem como tarefas/técnicas disponíveis para resolvê-los.

b) O *logos* ou "conhecimento", que inclui os "discursos" que descrevem, explicam e justificam as técnicas utilizadas e até mesmo produz novas técnicas. Isso é chamado de tecnologia. No seu sentido etimológico "discurso (*logos*) sobre a técnica (*teknê*)". E o compromisso formal com o argumento que justifica essa tecnologia é chamado Teoria. É concebido como um segundo nível de descrição-explicação e justificação.

A TAD pressupõe uma concepção institucional da atividade matemática. A Matemática, como qualquer outra atividade humana, é produzida, ensinada, aprendida, praticada e difundida em instituições sociais. Ela pode ser entendida em termos praxeológicos chamados de praxeologias matemáticas ou organizações matemáticas (OM).

A fim de ter as ferramentas mais precisas para analisar os processos da didática institucional, Chevallard (1999, p. 226) classifica praxeologias matemáticas como específica, local, regional e global. A natureza de uma praxeologia depende da instituição em que é considerada:

- Uma praxeologia específica é gerada por um único tipo de tarefa. Geralmente, para uma determinada praxeologia existe apenas uma técnica para lidar com a tarefa que representa a maneira "oficial" de resolver o problema nesta instituição. A tecnologia é geralmente ausente ou assumida implicitamente.
- Uma praxeologia local é gerada pela integração e conexão de várias praxeologias específicas. Uma praxeologia local é caracterizada por uma tecnologia que justifica, explica, conecta e produz diferentes técnicas específicas para cada praxeologia.
- Uma praxeologia regional é obtida como o resultado da coordenação, integração e articulação de várias praxeologias locais como uma teoria matemática comum.
- Uma praxeologia global emerge quando várias praxeologias regionais são adicionadas (integração ou justaposição das diferentes teorias matemáticas).

Assim, a clássica praxeologia acerca da proporcionalidade integra diferentes relações praxeológicas específicas (regra de três direta, inversa e múltiplos da regra de três), com uma tecnologia comum: a teoria das razões e proporções.

Em suma, o que é aprendido e ensinado em uma instituição educacional são praxeologias matemáticas. Em geral, são partilhados praxeologias por grupos de

seres humanos, organizados em instituições. Cognição é, assim, institucionalmente concebida.

2.3 O PROCESSO DE ESTUDO: PRAXEOLOGIA DIDÁTICA

Praxeologias matemáticas não emergem repentinamente em uma instituição. Elas não têm uma forma definitiva, pois são os resultados de uma atividade complexa e contínua, onde ocorrem alguns invariáveis relacionamentos, que podem ser modelados. Aí aparecem dois indivisíveis aspectos da atividade matemática: de um lado, o processo de construção matemática (o estudo do processo didático ou processo) e de outro lado, o resultado desta (estudo) construção (a praxeologia matemática). Na realidade, não há praxeologia matemática sem o processo de estudo que o gera, mas, ao mesmo tempo, não há processo sem um estudo da praxeologia matemática em construção. Processo e produto são as duas faces da mesma moeda.

De uma maneira geral, a atividade matemática pode ser considerada como a utilização de uma organização matemática ou um trabalho matemático. No entanto, é também, ao mesmo tempo, uma produção (ou re-produção) de realidades matemáticas que levará a nova organização matemática. Em inglês o termo "work" (traduzido do francês *oeuvre*) permite-nos falar de matemática como uma atividade humana, dado que a matemática é algo que como um artefato, produzido e reproduzido por esta atividade, o trabalho dos matemáticos. O trabalho matemático é algo a ser utilizado e algo a ser produzido ou reproduzido (BOLEA; BOSCH; GASCÓN, 1999, p. 136).

A consideração dos diferentes processos de construção matemática mostra algumas invariáveis e/ou dimensões no momento de sua estrutura, pois esta dependente do caráter cultural, social ou de fatores individuais. Os momentos são definições didáticas, não em uma ordem cronológica ou sentido linear, mas como as diferentes dimensões da atividade matemática. Assim, o processo de estudo pode estar situado num espaço caracterizado por seis momentos didáticos: (1) o momento do primeiro encontro com um tipo específico de tarefa, (2) o momento da exploração do tipo de tarefa, (3) o momento da construção da tecnologia/teoria no meio ambiente (que explica e justifica as técnicas utilizadas e também permitirá a

produção de novas técnicas), (4) o momento de trabalho sobre a técnica (que provoca a evolução da técnica já existente e da criação de novas), (5) o momento da institucionalização (onde os componentes da praxeologia construídos são delimitados) e (6) o momento da avaliação da praxeologia construída.

O estudo não tem um processo estrutural linear. Cada momento pode ser vivido com intensidade variável durante o processo de estudo tantas vezes quanto forem necessárias. É comum que alguns deles ocorram simultaneamente. Um processo de estudo (como qualquer atividade humana) pode ser modelado em termos de praxeologia que agora é chamada de praxeologia didática (CHEVALLARD 1999, p. 244). Como todas as praxeologias, a praxeologia didática inclui um conjunto de tarefas educativas problemáticas, técnicas educacionais (enfrentar estas tarefas) tecnologias educacionais e teorias (para descrever e explicar essas técnicas).

Por exemplo, a introdução de um novo conceito, como o conceito relacionado à proporcionalidade no ensino médio, é uma tarefa educativa problemática. Não há uma única maneira de executar esta tarefa, que em muitos casos, é expressamente assumida pelo professor através da produção de um discurso seguido por alguns exemplos. Esta técnica é justificada educacionalmente por uma determinada representação de sistemas didáticos e a forma como os alunos constroem seu conhecimento matemático (que pode ser resumida no seguinte lema: estudantes aprendem o que o professor explica claramente).

No entanto, em outros casos, esta problemática tarefa educativa é "partilhada" entre professores e alunos. Uma maneira de fazer isso poderia ser a investigação da variação de uma determinada situação real (por exemplo, um aluno está cinco minutos atrasado para o início da aula. Para chegar no horário ele deve aumentar ou diminuir a velocidade?). Esta técnica educativa é agora justificada por outra representação do sistema didático e a maneira que os alunos constroem seus conhecimentos físicos. A partir de uma situação real e comum na vida de muitos alunos, pode se tornar tema de muitas discussões envolvendo o conceito de velocidade e conseqüentemente de grandezas direta e inversamente proporcionais, ponto de partida para a compreensão e a elaboração de modelos matemáticos de diversos temas de Física no ensino médio.

Uma nova concepção de Didática da Matemática surge. Didática é identificada como qualquer ação, no contexto educativo, que pode estar relacionada ao estudo e/ou contribuindo para o estudo. Chevallard, Bosch e Gascon (1997, p. 60) afirmam

que:

Didática da matemática é a ciência que estuda e ajuda a estudar Matemática. Seu objetivo é descrever e caracterizar processos de estudo (ou processos didáticos), a fim de fornecer explicações e respostas para as sólidas dificuldades que as pessoas (estudantes, professores, pais, profissionais etc.) enfrentam quando vão estudar ou ajudar outras pessoas a estudar matemática.

Ao fazer a análise e considerando a afirmação anterior, deu-se conta da importância desta teoria para o ensino de Física, no sentido de possibilitar condições de construções de organizações didáticas, no intuito de que propicie respostas às questões relativas ao processo de ensino e aprendizagem dos físicos no primeiro ano do EM.

2.5 FÍSICOS E MATEMÁTICOS: E A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS ARTICULADOS

O paradigma de investigação conhecido como "didática da matemática "ou" abordagem "epistemológica de didática", originada por Guy Brousseau da primeira obra dos anos 1970 (BROUSSEAU, 1997), coloca a questão epistemológica do modelo de Matemática no núcleo de pesquisa educacional.

A principal hipótese pode ser resumida da seguinte forma: cada componente matemático, está por assim dizer ligado a um fenômeno didático ou vice-versa, se entendermos o "didático" como sendo relativo ao estudo da Matemática (CHEVALLARD, BOSCH; GASCÓN, 2001. P. 276). A partir deste novo ponto de vista, os "fatos didáticos" e os "fatos matemáticos" são inseparáveis. Esta ideia inaugura uma nova forma de abordar a investigação em Didática da Matemática através do questionamento epistemológico de modelos matemáticos, e de conhecimentos utilizados no ensino de instituições, incluindo aqueles utilizados na pesquisa educacional.

A partir desta concepção, constrói-se uma praxeologia com a perspectiva de entender o modelo matemático já estabelecido nos manuais escolares de Física, por meio da identificação das relações entre grandezas apresentadas no modelo e assim possibilitar ao educando uma compreensão do fenômeno físico em estudo, ainda que parcialmente e isso precisa ficar claro para o aluno, pois um modelo

matemático não descreve fielmente o fenômeno, mas sim a forma como o pesquisador ou o cientista o percebe.

A TAD é colocada no programa epistemológico e postula que a maioria das atividades dos matemáticos podem ser identificadas como uma modelagem de atividade matemática (CHEVALLARD; BOSCH; GASCÓN, 1997, p. 51). Isto não significa que a modelagem é apenas mais um aspecto ou dimensão da Matemática, pois mais que atividade matemática é essencialmente uma modelação de atividade em si, criada para responder a uma determinada questão que pode estar fora da dimensão matemática, como por exemplo, quando a Física se apropria deste processo de modelagem para atribuir resultados “exatos” aos estudos dos fenômenos naturais.

Em primeiro lugar, esta afirmação faz sentido se a ideia de modelagem não se limita apenas à “matematização” de questões não-matemáticas, isto é, quando a intra-modelação matemática é considerada como um aspecto essencial e inseparável da Matemática. A representação algébrica da geometria, ou a representação geométrica da álgebra e expressões aritméticas da geometria, são exemplos de permuta e intra-modelação matemática.

Em segundo lugar, o axioma da Matemática, como sendo essencialmente uma atividade só pode ser modelada se for dado um sentido, significado preciso para a atividade modelada. No âmbito da TAD, o que é relevante não é a especificidade da situação problema proposta a ser resolvida, mas o que pode ser feito com a solução obtida, ou seja, com a praxeologia construída. O único e interessante problema é aquele que pode ser reproduzido e desenvolvido em maiores e mais complexas formas de problemas. O estudo deste fértil problema provoca a necessidade da construção de novas técnicas e de novas tecnologias para explicar estas técnicas. Em outras palavras, a investigação deverá centrar-se sobre essas questões fundamentais que podem dar origem a um rico e vasto conjunto de organizações matemáticas para a compreensão e a resolução de fenômenos físicos.

O ponto de partida importante para a concepção de um processo de estudo não deve ser a grandeza das situações ou as perguntas iniciais, mas a possibilidade que elas oferecem para criar um conjunto bem conectado e integrado de praxeologias que permitiriam o desenvolvimento de uma ampla atividade que pode oferecer condições de compreensão e construção de modelos matemáticos que

estejam estruturados e interligados aos fenômenos físicos.

Propõe-se a reformulação do processo de modelação como um processo de reconstrução e interligação de praxeologia e aumentar complexidade (Específico→ local →regional) para uma aplicação no contexto das aulas de Física. Este processo deveria surgir de uma pergunta inicial que constitui a lógica da sequência de praxeologias. A partir deste questionamento, algumas questões cruciais a serem respondidas pela comunidade de estudo devem surgir. As respostas produzidas no presente processo de estudo deverão então ser materializadas em praxeologias regionais.

Deste ponto de vista:

a) As noções de modelo e os sistemas devem ser estendidos e considerados como praxeologia específica ou local.

b) Os processos de modelagem, que são normalmente descritos em termos de sistema-modelo de relações e na modelação de ciclo, podem ser caracterizados em termos de relações e praxeologia entre praxeologias.

c) Uma praxeologia local pode ser considerada como o resultado da conexão e da articulação de um modelo físico associado a uma teoria matemática.

d) Processo de modelagem, como um objeto a ser ensinado ou como um meio para o ensino e a aprendizagem de determinados modelos matemáticos, conectados aos fenômenos físicos.

Esta nova interpretação da modelagem implica uma ruptura com a tradição de "modelação e aplicações" desenvolvida ao longo dos últimos 25-30 anos pela comunidade da Educação Matemática. No entanto, considera-se que a reformulação explicada acima não contradiz resultados obtidos anteriormente. Pelo contrário, num certo sentido, ela complementa introduzindo-lhes uma nova ferramenta didática para estruturar o processo de modelagem e para integrá-las num contexto epistemológico mais geral do modelo institucional no ensino de Física. A introdução e o aprofundamento de praxeologias (didática/matemática) em suas dimensões epistemológicas, bem conectada com os fenômenos físicos pode ser um caminho bastante promissor para a superação do atual quadro em que se encontra o ensino de Física no EM.

3 CONSTRUÇÕES DE CONEXÕES ENTRE A FÍSICA DO ENSINO MÉDIO E A PROPORCIONALIDADE

Ao longo desse capítulo, subdividido em dois, tem-se a intenção de sinalizar aspectos de mais um dos pilares sustentadores dessa pesquisa, as aproximações conceituais entre os conhecimentos de Física e os conceitos de proporcionalidade. Advoga-se em prol da incorporação desta última como pilar na (re)construção de conhecimentos físicos principalmente no 1º ano do EM. Neste sentido, apresenta-se questões que acenam para a necessidade de delinear algumas das contribuições da aproximação entre ambas. Para tanto, o conceito de proporcionalidade será tomado como referencial, para a compreensão tanto dos fenômenos físicos quanto dos modelos matemáticos, embora se reconheça a existência de outros meios para se alcançar os mesmos objetivos.

3.1 APROXIMAÇÕES: BUSCANDO A CONEXÃO ENTRE AS IDEIAS

A fragmentação no ensino não é restrita à Física, essa problemática se faz presente em grande parte das disciplinas que compõem os programas curriculares das disciplinas no EM. Dentre estas, a Física, juntamente com a Matemática, destaca-se pelo alto índice de problemas que podem estar relacionados com esta fragmentação. Dentre estes problemas podem se destacar a pouca, ou até mesmo inexistente, compreensão dos fenômenos físicos, a falta de articulação entre os tópicos em estudo no interior da disciplina de Física e destes com outras áreas de conhecimentos.

Tal realidade se confirma, também, pelas pesquisas e pela literatura especializada. Autores como Auth (1996) e Ruiz (2002) revelam a triste faceta do ensino e de seus efeitos mais problemáticos, bem como suas implicações junto ao processo de construção do conhecimento. Seja qual for a disciplina, está claro que o processo vigente se mostra insuficiente e/ou é problemático, do ponto de vista educativo.

O privilégio de alguns dos conteúdos escolares e a demasiada atenção devotada ao modelo matemático e à resolução mecânica de problemas, geralmente desprovidos de sentido e distantes da realidade da maioria dos alunos, não têm contribuído efetivamente para uma formação integral, onde o espírito investigativo e

questionador seja critério prioritário para promover um ensino verdadeiramente construtivo.

Desse modo, acredita-se que o estímulo à construção de conexões ou relações entre diferentes áreas se apresenta como um viés produtivo, capaz de potencializar um significado maior e um sentido mais abrangente aos conceitos, especialmente no tocante às disciplinas de Física e Matemática.

Com relação às possíveis aproximações com outras áreas do conhecimento, em especial com a disciplina de Física, os PCN do EM também abrem margem para essa realidade, bem como para as possíveis contribuições de seu redimensionamento visto que:

A Matemática faz-se presente na quantificação do real - contagem, medição de grandezas. No entanto, esse conhecimento vai além, criando sistemas abstratos, ideais que organizam, inter-relacionam e revelam fenômenos do espaço, do movimento, das formas e dos números, associados quase sempre a fenômenos do mundo físico (BRASIL, 1999, p. 25).

Portanto, é necessário fazer uma análise mais profunda sobre as relações que a Física mantém com a Matemática, vislumbrando a pertinência desta no processo de aprendizagem e de compreensão dos fenômenos físicos. Pois encontrar formas de mostrar qual o papel desempenhado pela Matemática na aprendizagem de Física, em detrimento de aplicação mecânica de modelos matemáticos prontos, é fundamental no processo de ensino. O objetivo desse resgate é o de que a função da Matemática, no seio da Física, alcance proporções significativas mais relevantes, que sejam condizentes com a função real dessa disciplina no ensino de Física. Que esta assuma não apenas a condição de um instrumento da Física, nem se restrinja, assim, a relações meramente quantitativas, enfatizadas em problemas limitados por algoritmos matemáticos e suas soluções.

Também é possível perceber que essa visão utilitarista da Matemática é consagradamente reforçada em obras usadas no EM, voltadas para o ensino de Física, disseminando um caráter instrumental para a Matemática, o que fica muito aquém da real função estruturante da Física, e compromete um maior entendimento das relações a que estas disciplinas estão expostas. E, por vezes, até impossibilita redimensionamentos em torno de conceitos agregados a ambas as disciplinas.

Essa situação provoca uma sensação de castigo na maioria dos alunos do

EM ou até dos cursos de Física, que têm um pedágio pago em conteúdos matemáticos durante o curso, aumentando o desinteresse por um conteúdo que não estabelece pertinência alguma com a Física. Pois, “[...] não é suficiente conhecê-la enquanto ‘ferramenta’ para poder utilizá-la como estruturante das ideias físicas sobre o mundo” (PIETROCOLA, 2002, p. 111).

Assim, o distanciamento excessivo que se constata no âmbito escolar só contribui para a manutenção dos frequentes problemas na apropriação, por parte dos alunos, dos conhecimentos da disciplina de Física, bem como do reconhecimento da capacidade associativa que os conceitos inerentes a essa disciplina possuem, em especial com a disciplina de Matemática que desempenha um papel vital na estruturação desta disciplina, visto caracterizar-se como linguagem da ciência. Nesse sentido, é essencial enfatizar que, ao dizer que a Matemática se constitui na linguagem da ciência, devemos analisá-la como expressão de nosso próprio pensamento e não apenas como instrumento de comunicação.

Portanto, propõe-se o regate dos conceitos matemáticos, mais especificamente utilizando os conceitos de proporcionalidade, pelo fato de permitir conexão entre conteúdos tanto dentro da Matemática quanto das chamadas Ciências Naturais e Humanas, por possibilitar ao aluno construir e estruturar suas ideias, tornando-o capaz de visualizar as relações e de discernir quais as melhores aproximações possíveis de estabelecer entre os conceitos. Para tanto, a ação educativa deve ter como ponto de partida as tensões entre as visões de mundo dos educados - senso comum - e conhecimento educacional, no caso Matemática e Física - conhecimentos institucionalizados.

3.2 INTERAÇÕES CONCEITUAIS: POSSIBILIDADES PARA O ENSINO DE FÍSICA E MATEMÁTICA

A necessidade de estabelecer relações entre os modelos matemáticos e os fenômenos físicos se configura como um dos objetivos desta dissertação. Mas, é preciso ir além e alcançar patamares mais abrangentes, buscando ultrapassar barreiras que engessam conteúdos e disciplinas, deixando-os em compartimentos estanques sem que suas similaridades e semelhanças sejam abordadas, dificultando a construção de novos conceitos pelo aluno.

O resultado desse processo é um conhecimento segmentado, em pedaços

que embora se complementem não se relacionam. Assim,

O estabelecimento de relações é fundamental para que o aluno compreenda efetivamente os conteúdos matemáticos, pois, abordados de forma isolada, eles não se tornam uma eficaz ferramenta para resolver problemas e para a aprendizagem/construção de novos conceitos (BRASIL, 1999, p. 37).

Assim fica evidente que o estabelecimento de relações entre conceitos adquiridos é uma necessidade emergente e deve ser incorporado na constituição de uma nova concepção da práxis pedagógica no âmbito dessas duas disciplinas. Deve-se romper com o quadro vigente que tem privilegiado a aplicação de fórmulas e de cálculos, exigindo o treinamento de procedimentos e não a compreensão dos fenômenos físicos em estudo, medindo a capacidade de decorar fórmulas e algoritmos e não de expor raciocínios e argumentações.

Enfim, é preciso resgatar o papel dessas disciplinas como canais para a construção e a formação de um sujeito crítico, participativo, capaz de tomar decisões, tendo como ponto de partida um processo de ensino e aprendizagem pautado pela construção coletiva de ideias, pelo estabelecimento de relações, pela argumentação e realização de inferências, pela descoberta de regularidades dentro e entre as disciplinas. Isso implica trabalhar os conceitos matemáticos a partir de situações contextualizadas, seja em fenômenos do cotidiano seja em situações oferecidas por outras ciências, como, por exemplo, a Química ou a Biologia e principalmente a Física, foco desta dissertação.

Dentro da perspectiva de potencializar aproximações entre Física e Matemática diante da importância de reduzir o distanciamento entre estas disciplinas no contexto do EM, é preciso enfatizar e esclarecer o papel desempenhado pela Matemática, por meio dos conceitos de proporcionalidade e da regra de três algebrizada (ÁVILA, 1986) na construção de conhecimentos em Física. Assim, se considera relevante destacar o papel central e historicamente determinado pela Matemática na constituição do conhecimento científico, resgatando a sua influência no processo de evolução deste campo de conhecimento, pois

A evolução da ciência resultou na expressão dos conceitos em linguagem matemática. As idéias da ciência ganham significados interconectando-se em estruturas matemáticas. A linguagem matemática, com suas regras e propriedades, torna as teorias

científicas capazes de pensar o mundo (PIETROCOLA, 2002, p. 109).

Enfim, a necessidade de buscar aproximações entre o ensino e a aprendizagem de Física e com os conceitos Matemáticas se apresenta como fundamental no atual contexto do ensino de Física no EM, por sua importância ou pela contribuição dessas aproximações no processo de (re)construção de conhecimentos, pois tais interações se constituem em elos entre conhecimentos que compartilham conceitos, guardadas as suas particularidades e significados em cada contexto. É importante também sobretudo, que essas aproximações ultrapassem a fronteira do quantitativo e dos modelos matemáticos prontos, e recuperar o sentido real e a importância do conhecimento matemático no contexto da Física, para além de ferramenta dessa disciplina.

3.2.1 A Física e as fórmulas matemáticas

Nesta dissertação defende-se a necessidade de um ensino de Física que passe a permitir condições para que o aluno possa construir seu próprio conhecimento, considerando que não basta apenas saber aplicar as fórmulas corretas na resolução de problemas, pois a Matemática é apenas uma das formas de se estudar e compreender os fenômenos. Os físicos constroem um modelo físico e a partir deste modelo recorrem à Matemática. Neste caso a Matemática serve apenas como uma linguagem utilizada pelos físicos para explicar e justificar sua concepção do fenômeno físico que se está estudando.

Ao fazer estudos sobre os fenômenos naturais, os físicos constroem suas concepções e a partir destas recorrem à Matemática existente à procura de modelos que melhor expliquem suas observações e que estes possam ser testados com sucesso também por outros físicos. Quando os modelos matemáticos se distanciam muito da experiência, das observações do físico ou do paradigma já instaurado pela comunidade científica, este cria algumas condições especiais que possibilitam a aplicação do modelo matemático escolhido. Pode-se observar dezenas destas condições especiais nos manuais escolares utilizados no EM, que se apresentam em expressões como: Desprezando a resistência do ar, despreze o atrito com o plano inclinado, considere a velocidade de um carro constante etc. (SAMPAIO;

CALÇADA, 2005). Desse modo, o fenômeno físico e o modelo matemático são duas coisas diferentes, ou seja, os modelos matemáticos não descrevem a realidade física, mas apenas uma aproximação da realidade.

Em seu livro, Isaacson (2007) mostra uma dessas tentativas de adequar uma equação a um fenômeno físico, de acordo com a concepção do pesquisador, com um exemplo do famoso físico e matemático alemão, Albert Einstein, que ao tentar construir uma equação que melhor explicasse o universo, surgia uma constante cosmológica que apresentava um universo em expansão, mas tanto Einstein como a maioria dos físicos famosos de sua época não acreditavam num universo que estava se expandido e sim num universo estático. Pois o que se podia perceber era um universo bastante estável, não se expandido e nem se contraindo, forçando Einstein a retirar sua “constante cosmológica” da equação original e em seu lugar colocar outra constante que apresentasse um universo estático.

Em 1931, Einstein pôde ver no Observatório Mont Wilson, juntamente com Edwin Hubble, que havia feito surpreendentes descobertas, um universo em expansão. E posteriormente, depois de uma discussão com George Gamow, Einstein chegou a declarar que a sua constante cosmológica havia sido a maior asneira que cometera na vida, reconhecendo, portanto seu erro (ISAACSON, 2007, p. 367). Este é apenas um exemplo dentre tantos que mostra que as fórmulas ou modelos matemáticos não descrevem os fenômenos físicos tal como são na realidade e sim de acordo com a concepção do pesquisador ou seguindo as regras estabelecidas no paradigma instaurado⁶.

3.3 O CONCEITO DE PROPORCIONALIDADE: EM BUSCA DE UMA APROXIMAÇÃO COM A FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

O conceito de proporcionalidade por ser uma ideia construída por meio de comparações/relações entre grandezas de naturezas iguais/diferentes, se tornou fundamental na compreensão e na ligação/articulação e estruturação de conceitos/conteúdos dentro da própria Matemática (GARCIA, 2002) que podem ser transpostos para outras áreas do conhecimento científico como a Química, a Biologia, a Economia, a Geografia etc. e ainda podem ajudar na compreensão e na

⁶ Para mais detalhes ver “A estrutura das revoluções científicas”, de Thomas S.Kuhn (1962).

construção de modelos matemáticos que representam fenômenos físicos, que aparecem com muita frequência nos manuais escolares.

Os pesquisadores da área de Física trabalham basicamente fazendo comparações entre dois corpos de naturezas iguais ou diferentes, como por exemplo, entre dois corpos em movimento, entre a distância percorrida por uma partícula em movimento e o tempo gasto para fazê-lo, entre a massa de um corpo e a força que deve ser empregada para mudar seu estado de repouso ou de movimento retilíneo e uniforme, entre a massa e a região do espaço ocupada por essa massa (BONJORNIO et al., 2000), o que é peculiar ao pensamento proporcional. E que por se aproximarem da proporcionalidade, nos remetem aos conceitos de proporcionalidade, ou seja, de relações entre grandezas direta ou inversamente proporcional, simples e composta/múltipla. O que poderia ser usado para se compreender as fórmulas/expressões matemáticas utilizadas para resolver os problemas propostos nos manuais escolares. Porém não é o que ocorre nos manuais escolares e conseqüentemente em sala de aula. Perguntado, em entrevista, sobre em que livro baseava suas aulas, o professor IV respondeu que:

Eu uso mais o do Bonjornio (2000), mas tem outros livros que eu não consigo lembrar o nome agora. Sempre leio outros livros pra pegar a ideia de outros autores, ver se facilita mais a linguagem. Porque a gente tem que falar a linguagem que os alunos entendam, a gente não pode fugir da linguagem popular, eles têm que entender o que tu tá falando, se não vai ficar complicado. O assunto já é complicado por si só, e se você falar complicado [...] (Prof. IV, 2008)

Procurando este manual para fazer uma análise, foi possível verificar que não há uma conexão bem articulada entre a Física e a Matemática. A Matemática é em muitas ocasiões tratada como uma mera ferramenta e que pouco ou nada ajuda na compreensão do fenômeno físico em si. Por exemplo, o conceito de velocidade média (não raramente confundido com aceleração) é de grande importância no estudo dos movimentos. Neste manual escolar, ele é representado pela definição matemática expressa abaixo:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1}$$

Neste manual a velocidade média é definida desta forma, ou seja, velocidade média é o espaço percorrido em uma determinada unidade de tempo, e sem mais comentários, é aplicada uma bateria de questões para que os alunos resolvam usando esta expressão. Neste caso em particular, pode-se observar que o conceito de velocidade é menosprezado, o que dificulta ainda mais a conexão entre a Física e a Matemática e conseqüentemente a compreensão por parte do aluno do fenômeno envolvendo velocidade. Pois mesmo que alguns alunos consigam resolver algumas questões postas, não significa dizer que entenderam o fenômeno físico em si. Desta forma,

[...] resolver um problema não se resume em compreender o que foi proposto e em dar respostas aplicando procedimentos adequados. Aprender a dar uma resposta correta, que tenha sentido, pode ser suficiente para que ela seja aceita e até seja convincente, mas não é garantia de apreensão do conhecimento envolvido. Além disso, é necessário desenvolver habilidades que permitam provar os resultados (BRASIL, 1999, p. 42).

Esta relação da forma como está posta, de acordo com Ávila (1986) em sua primeira definição onde assegura que a relação entre proporcionalidade direta ou inversa entre as variáveis, é verificada por meio de uma equação de primeiro grau. Dessa forma, V_m (velocidade média) é diretamente proporcional à razão da distância pelo tempo ou que Vm é uma constante de proporcionalidade positiva que segundo García (2006) é expressa originalmente da seguinte forma;

$$y = kx$$

Desta relação, k é a constante de proporcionalidade e que na relação proposta por Bonjorno et al. (2000) representa a velocidade média. Por meio de três definições, Ávila (1986) afirma que a relação de proporcionalidade direta ou inversa entre as variáveis é verificada a partir da equação que estabelece a dependência entre elas.

Definição 1: diz-se que duas variáveis (ou grandezas) x e y são proporcionais – mais especificamente, diretamente proporcionais – se estiverem assim relacionadas: $y = kx$ ou $y/x=k$, onde k é uma constante positiva, chamada de constante de proporcionalidade.

Definição 2: diz-se que as variáveis x e y são inversamente proporcionais se $y = k/x$ ou $xy = k$, onde k é uma constante positiva.

Definição 3: Se várias variáveis, digamos x, y, z, w, r, s estão relacionadas por uma equação do tipo $z = \frac{kxyw}{rs}$, onde k é constante, então dizemos que z é diretamente proporcional a x, y e w ; e inversamente proporcional a r e s (ÁVILA, 1986, p. 3).

Estas definições estabelecidas por Ávila (1986) são fundamentais na compreensão e na construção de modelos matemáticos, por meio dos quais também pode-se compreender muitos fenômenos físicos do dia-a-dia, pois aparecem constantemente nas “fórmulas” usadas na resolução de tarefas no ensino de Física, que embora mudem as grandezas envolvidas em cada tarefa, a técnica para resolvê-las é a mesma, a regra de três, justificada pela tecnologia/teoria, a proporcionalidade. Observando outras relações aplicadas no mesmo manual acima citado, com exceção da relação $E = mc^2$, que não é apresentada neste manual, pode-se verificar que esta mesma relação (proporcional) pode ser aplicada em uma série de questões de Física estudadas no EM, onde ocorre apenas a mudança das grandezas envolvidas, como por exemplo:

- i) Princípio Fundamental da Dinâmica (PFD) $\Leftrightarrow f = ma$
- ii) Velocidade angular $\Leftrightarrow \omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$
- iii) Aceleração centrípeta $\Leftrightarrow a_{cp} = \omega^2 R$
- iv) Velocidade de propagação de onda $\Leftrightarrow v = \lambda f$
- v) Lei da Gravitação Universal $\Leftrightarrow F = G \frac{M m}{d^2}$
- vi) Energia $\Leftrightarrow E = mc^2$

Todas estas expressões matemáticas, nas quais se pode perceber muitas relações entre grandezas, o que é próprio do conceito de proporcionalidade, pode ser representadas, de acordo com Ávila (1986), por regras de três algebrizadas. O que se pode observar é uma organização matemática do pensamento proporcional, onde a constante de proporcionalidade K encontra-se subtendida em cada uma delas. Logo, pode-se concluir que a constante de proporcionalidade K é algo muito comum, e permeia todo conhecimento físico, e que em função disso ganha uma

conotação muito especial, na compreensão e estruturação de modelos matemáticos que expressam fenômenos físicos no EM, pois uma vez que o aluno seja capaz de identificar a constante de proporcionalidade K em um determinado problema proposto, este será capaz de criar seu próprio modelo para resolver os problemas.

A proposta desta dissertação não é buscar compreender as deduções de modelos matemáticos aplicados na resolução de problemas físicos, apresentados nos manuais escolares, que em alguns casos, apesar de parecerem simples, exigem “ferramentas” matemáticas bastante abstratas, como é o caso das expressões V e VI (expostas acima), mas apenas fazer uma análise do ponto de vista do raciocínio proporcional de cada uma delas, e em sua relação com os fenômenos em estudo. O objetivo é que ao se deparar com uma determinada tarefa, como por exemplo, frente a um modelo matemático, o aluno do primeiro ano do EM possa tecer relações entre grandezas direta ou inversamente proporcionais, para a partir daí evocar a técnica ou tecnologia para resolvê-la. Por exemplo, veja o caso do modelo matemático abaixo:

$$F = G \frac{Mm}{d^2}$$

Neste caso, pode-se observar um exemplo de uma regra de três compostas, aritmetizada e o aluno do EM deve ser capaz de compreender a partir do resgate dos conceitos de proporcionalidade, que da forma como está organizado este modelo matemático, indica que a força gravitacional é diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos, ou seja, considerando o valor da constante da gravitação universal G (aqui representa a constante de proporcionalidade K positiva), aumentando as massas, aumenta também a força entre elas e diminuindo as massas, a força gravitacional também diminui. Já a relação entre a força e a distância se apresenta de forma inversa, pois aumentando a distância entre os corpos a força diminui ou vice-versa, o que se pode concluir é que essas duas grandezas são inversamente proporcionais. Como proposto na TAD, aos alunos é possibilitado compreender/justificar e aplicar esta técnica diretamente para resolver a tarefa proposta utilizando de forma articulada os conceitos de proporcionalidade. Outra técnica seria por meio da algebrização da regra de três (ÁVILA, 1986) e a tecnologia que a justifica seria o conceito de proporcionalidade, que pode possibilitar

ao aluno criar o seu próprio modelo matemático para resolver a tarefa proposta. Veja um exemplo de uma praxeologia matemática e a aplicação da regra de três algebrizada na resolução de uma questão de Matemática:

Tarefa 1ª: Numa fábrica de calçados, trabalham 16 operários que produzem, em 6 horas de serviços diários, 24 pares de calçados. Quantos operários são necessários para produzir 600 pares de calçados por dia, com 10 horas de trabalho diário?

Solução: A partir dessa tarefa e da análise das grandezas envolvidas, buscase uma técnica apropriada na tentativa de encontrar uma solução válida.

Retirando os dados (trabalhadores, horas/dias e pares de sapatos), tem-se uma situação particular, e a partir desta pode-se definir um modelo algébrico para resolvê-lo. Agora, fazendo uma comparação entre estes dados, pode-se perceber que se o número de trabalhadores for aumentado, a produção de pares de sapatos também aumenta, logo o número de trabalhadores é diretamente proporcional à razão de pares de sapatos produzidos por hora. Considerando t (trabalhadores), s (sapatos) e h (horas) pode-se estabelecer um modelo matemático que apresentará a seguinte estrutura:

$$t = K \frac{s}{h}$$

De acordo com este modelo tecnológico, e considerando a situação particular, pode-se definir a quantidade de pares de sapatos produzidos por operários por hora, que corresponde à constante de proporcionalidade K , onde:

$$K = \frac{th}{s}$$

Esta equação mostra que TH é diretamente proporcional a S . Substituindo nesta equação as duas seqüências de valores dados na tarefa proposta, obtem-se:

$$\frac{TH}{S} = k = \frac{th}{s}$$

$$\frac{18.6}{240} = \frac{t \cdot 10}{600}$$

Portanto, aparece aqui uma nova equação, cuja solução é obtida multiplicando-se os meios que é igual ao produto dos extremos, da seguinte forma:

$$t \cdot 10 \cdot 240 = 18 \cdot 6 \cdot 600$$

$$t = \frac{64800}{2400}$$

$$t = 27$$

Desta forma, para fabricar 600 pares de sapatos, são necessários 27 operários trabalhando 10 horas por dia. Como foi definido, a constante de proporcionalidade K pode ser utilizada para resolver várias tarefas da mesma natureza.

Agora considerando que a força de atração gravitacional é diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância, veja-se um exemplo de uma aplicação da regra de três algebrizada na tentativa de solucionar uma tarefa proposta nos manuais escolares de Física:

Tarefa 2ª: Sabendo que a intensidade aproximada da força (F) de atração entre uma melancia de massa (m) igual a 5kg e um melão de 2kg separados por uma distância(d) de 10m, é igual a $6,7 \cdot 10^{-12}N$. Determine a força de atração gravitacional entre uma melancia de 9kg e uma jaca de 4kg separadas por uma distância de 3m, considerando a força de atração entre elas diretamente proporcional a suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa.

Solução: Evocando a relação entre grandezas presente no enunciado desta tarefa, pode-se estabelecer o modelo matemático da seguinte forma:

$$F = GMm \frac{1}{d^2}$$

Considerando a observação acima tem-se que:

Este modelo mostra que aumentando as massas dos corpos, a força também aumenta ou vice-versa. Já com a distância, o modelo mostra que se a distância for dobrada, a força será dividida por 2^2 , se a distância for triplicada a força será dividida por 3^2 , se a distância for diminuída, observa-se o inverso.

Como não foi dado o valor da constante de proporcionalidade k que é positiva, e neste modelo esta sendo representada pela letra G , pode-se definir do modelo acima que:

$$G = \frac{Fd}{Mm}$$

A partir da situação particular tem-se:

$$\frac{Fd^2}{Mm} = G = \frac{F'd^2}{M'm'}$$

Igualando a situação particular com a situação relativa apresentada na tarefa:

$$\frac{6,7 \cdot 10^{-12} \cdot 10^2}{5 \cdot 2} = \frac{F' \cdot 3^2}{9 \cdot 4}$$

Agora tem-se uma nova equação, onde multiplicando os meios que é igual ao produto dos extremos pode-se obter o valor de F' da seguinte forma:

$$90F' = 24120 \cdot 10^{-12}$$

$$F' = 26,8 \cdot 10^{-11} \text{N}$$

Desta forma, se obtém o valor da força por meio de uma praxeologia matemática (CHEVALLARD, 1999), aplicada na resolução de uma tarefa presente em muitos manuais escolares utilizados por alunos e professores no EM, e que pode

ser aplicada na resolução de várias situações/tarefas, onde se usa uma técnica, a regra de três algebrizada, acompanhada de uma tecnologia e teoria conhecidas, o conceito de proporcionalidade, que além de proporcionar uma melhor compreensão dos modelos matemáticos já estabelecidos ajuda também professores e alunos no estudo e na compreensão de fenômenos naturais simples presentes no dia-a-dia e possibilita a construção de saberes físicos e matemáticos articulados.

Como exposto acima, volta-se a afirmar que além da falta de materiais humanos e didáticos, a desvalorização e o sucateamento de nossas escolas, dentre outros fatores, como a desvalorização do profissional da educação, a linguagem empregada no ensino de Física na escola de EM também se destaca como uma das responsáveis pelo fracasso do ensino de Física no EM e o grande índice de abandono dos cursos de Física nas universidades.

3.4 ANÁLISES DOS DADOS APRESENTADOS PELOS PROFESSORES ENTREVISTADOS

Ao analisar as entrevistas com os 5 (cinco) professores que lecionam Física no EM no município de São Miguel do Guamá (PA), o objetivo é encontrar respostas para o questionamento apresentado anteriormente, que foi dividido em três questões: em primeiro lugar, os professores evocam os conceitos de proporcionalidade no momento de resolver os problemas de Física? Em segundo lugar, se evocam de que forma o fazem? E por último, se não evocam de que forma ensinam os alunos a resolverem as tarefas propostas na Física?

3.4.1 Professor entrevistado I

Este professor é licenciado pleno em Matemática e leciona Física e Matemática no EM e em curso de pré-vestibular. O que se pode perceber por meio de suas respostas foi que este professor está habituado a trabalhar a Matemática de forma mecânica, ou seja, está habituado a dar a definição, dar a fórmula e resolver problemas, e não só, mas, também por isso, entende a Física como uma disciplina de aplicação matemática, ou seja, se prende mais no modelo matemático deixando de lado a compreensão do fenômeno físico em estudo.

Quando o entrevistador lhe faz a primeira pergunta direta, da seguinte forma: Que Matemática do ensino fundamental você revê (evoca: faz o aluno lembrar) ao trabalhar com a velocidade média, a 2ª Lei de Newton, a densidade, por exemplo?

O professor demonstra não entender a pergunta, por não contextualizar a Matemática, e responde da seguinte forma:

Bom, a velocidade média é a questão da divisão que eu te falei ainda agora, na velocidade média sempre pede essas divisõezinhas que os alunos às vezes têm dificuldades. Na Lei de Newton não tem tanta dificuldade, na 2ª Lei, também um pouco dessa divisão, por que na 2ª também tem uma divisõezinha. Na densidade é a questão da transformação de unidades, conversões de unidades de medidas, que às vezes eles têm dificuldades também, por exemplo, para transformar de milímetro cúbico para centímetro cúbico, essas conversões de unidades aí (Prof. I, 2008).

A partir das análises, o professor deixa perceber que considerar a Física como se fosse uma disciplina de aplicação matemática. Este professor não sabe diferenciar modelo matemático de fenômeno físico, e por isso trata os conceitos de proporcionalidade de forma muito superficial, induzindo o aluno à memorização de fórmulas. Como esta primeira resposta não foi satisfatória, uma vez que o professor não fez nenhuma referência aos conceitos de proporcionalidade, tentou-se pela segunda vez com a seguinte pergunta: Quando trabalha com esses tópicos⁷ da Física, como você faz a relação com a Matemática?

Bom, a gente sempre procura mesclar, por que a Física não tem como separar da Matemática as duas andam juntas, a Matemática você pode até dar aula de Matemática sem falar em Física, mas falar de Física sem falar em Matemática é praticamente impossível. A Física você tem que associar à Matemática (Prof. I, 2008).

Mais uma vez o professor não fez nenhuma referência aos conceitos de proporcionalidade ou regra de três, mas consegue deixar claro sua concepção de Física como disciplina de aplicação matemática, quando coloca que é impossível dar aulas de Física sem falar de Matemática. Ele fala que a Física deve ser associada à Matemática, mas essa associação a que se refere, não é uma associação que possibilite ao aluno entender qualitativamente o fenômeno físico em estudo e sim

⁷ Fazendo referência, ao conteúdo de densidade.

apenas quantitativamente com resultados numéricos. Na realidade o que se percebe é que não se trabalha a compreensão do fenômeno físico e sim a aplicação do modelo matemático. Como esta resposta se distanciou de nosso objetivo, aproveitou-se que o professor falou um pouco sobre laboratório, como uma boa ferramenta para o estudo dos fenômenos físicos, fez-se uma terceira pergunta: Você falou que o laboratório é apenas uma das formas de associar as fórmulas matemáticas aos fenômenos físicos, você poderia falar sobre outra forma de fazer essa associação pegando um dos tópicos anteriores? E ele nos oferece a seguinte resposta:

Uma outra forma é pedir aos alunos que meçam o trajeto de casa à escola (aproximadamente) e o tempo gasto para percorrê-lo, aí encontrar a velocidade média. Nessa experiência, peça para eles diminuir o tempo de percurso e ver o que acontece com a velocidade. Nesta experiência estamos aplicando o conceito de diretamente e inversamente proporcional (Prof. I, 2008).

Desta vez o professor já oferece uma primeira resposta indireta, quando fala em relações entre grandezas, insistimos e fazemos uma quarta pergunta: Na sua opinião qual a Matemática do ensino fundamental é mais necessária, que os alunos necessitam mais, para que o processo ensino e aprendizagem em Física se efetive concretamente?

A resposta foi a seguinte:

É, tem um conteúdo da 6ª série, ele é muito explorado quando você chega, pra ensinar assunto de Física, é que na 6ª série você estuda razão e proporção, quando você for trabalhar as grandezas na Física, você vai ter que ter noção das grandezas diretamente proporcional e inversamente proporcional, e a questão dos sinais também que é ensinado na 6ª série também isso aí é muito importante no ensino da Física, eu diria que do ensino fundamental o ano de estudo que se aproveita mais é o da 6ª série, você trabalha aí essas relações de grandezas, de regra de três também que você trabalha na Física eu diria que é fundamental (Prof. I, 2008).

Desta vez apesar de muita insistência, o professor fala da importância dos conteúdos estudados na 6ª série fazendo, agora de forma definitiva, referência à importância dos conceitos de proporcionalidade, deixando claro que este professor não usa a Matemática de forma contextualizada no ensino de Física, contribuindo assim, para o uso de fórmulas matemáticas repetitivas, induzindo o aluno à

memorização de modelos sem a compreensão dos fenômenos físicos, que deveria ser o principal objetivo das aulas de Física.

3.4.2 Professor entrevistado II

O segundo professor entrevistado é licenciado pleno em Ciência Naturais com habilitação em Física, e sabe diferenciar modelo matemático de fenômeno físico, e apesar de fazer a mesma pergunta, porém agora para um físico, ele já dar uma resposta indireta, logo na primeira pergunta: Bom, para começo de conversa, professor na sua opinião quais as dificuldades em Matemática que os alunos apresentam ao estudar a Física?

Rapaz, o problema dos alunos que eu acho, principalmente com os aluno do 1º ano, é a parte de funções, é a maior dificuldade, é o assunto que eles tem mais dificuldade é funções, não tem uma base. Funções e trabalhar com números que envolve vírgula, tanto pra multiplicar, todas as operações, multiplicação e divisão principalmente, você vai trabalhar com aquela parte de transformações de unidades de velocidade, vai ser a maior dificuldade de transforma, só aquelas multiplicações básicas, multiplicando ou dividindo por 3,6, não todos mas a maioria tem uma grande dificuldade.

Ao responder esta pergunta o professor que é formado em Física, que sabe trabalhar a Matemática em conexão com os fenômenos físicos, já introduz de forma indireta na primeira pergunta o conceito de proporcionalidade quando fala de função. E quando se faz a seguinte pergunta voltada para responder à questão de pesquisa: Que Matemática do ensino fundamental você revê (evoca: faz o aluno lembrar) ao trabalhar com a velocidade média, a 2ª Lei de Newton e a densidade, por exemplo? A mesma pergunta feita ao I professor entrevistado, o professor de Física apresenta a resposta de forma direta: “velocidade média, regra de três você tem que rever com eles, funções também tem que rever com eles, tem que dar umas explicações de funções.” Com essa resposta o professor responde nossa primeira questão de pesquisa.

Tendo com resposta, que evoca os conceitos de proporcionalidade no momento de resolver os problemas de Física, foi-se ao encontro de resposta para a segunda questão: de que forma o fazer? E quando se fez a seguinte pergunta: Em

sua opinião, qual(is) a(s) estratégia(s) de ensino deve(m) ser posta(s) em prática para que a relação entre fórmula Matemática e o fenômeno físico fique claro para o alunado?, o professor deu a seguinte resposta:

Experimento eu vejo que isso aí o experimento é fundamental par essas explicações assim, por exemplo no meu TCC, eu trabalhei a utilização da informática no ensino de Física, ou seja, a informática servia como um laboratório. Como no 2º Grau (E. E. de Ensino Médio Frei Miguel de Bulhões) não tem laboratório de Física, nos colocamos num computador um laboratório, ou seja, todos os assuntos relacionados ao 1º ano, parte da mecânica, nós tínhamos experimentos, nós compramos um programa da Educando, ele tem todos os experimentos, por exemplo, trabalhando com hidrostática, eles fazem todas as simulações, como se estivessem em um laboratório e assim nos observamos [...] um dos nossos resultados foi esse... que diminui essa dependência da Matemática e eles tem mais facilidade em assimilar, por que como nós não temos... Essa nossa dependência da Matemática dos alunos é relacionado a material que eles não tem palpável. Tudo é muito teórico, não tem material de simulação. A partir do momento que você trabalha, ou num laboratório ou num computador que simule um laboratório, pode simular, aí você obtém resultados positivos (Prof. II, 2008).

Com esta fala o professor mostra a importância de se colocar o fenômeno diante do aluno para produzir o conhecimento. Mas o professor parece não se dar conta disso e afirma que o aluno fica dependente da Matemática. Em alguns momentos percebeu-se que o professor entra em contradição com sua fala inicial e se iguala ao professor de Matemática. Este fato fica mais evidente quando se pergunta: Só para concluir professor, de modo geral, qual a Matemática do ensino fundamental é de grande importância para que os alunos compreendam os fenômenos físicos? Recebeu-se como resposta que:

as quatro operações, essa é a base, e dentro dessas 4 operações, fazer todos aqueles cálculos básicos que tem lá, ai depois avançar para um outro. Produtos notáveis também é interessante, você entra naqueles básicos, regra de três simples e composta, mais a simples não é obrigatória a composta e parte de função, que é assunto que você vê na 7ª série, mais não fica nisso, você vai vê no 1ª, funções isso ai, quando você vai explicar a parte de mecânica lá, você utiliza muito esses gráficos, para demonstrar os experimentos, e tudo, se o aluno não tiver um bom entendimento de função, ele não vai sacar disso aqui, trabalhar com vértice, por exemplo, a inclinação da parábola lá em cima.

Apesar do que foi dito antes, o professor de Física parece pensar na

Matemática aplicada à Física e não como uma linguagem utilizada para explicar o fenômeno. Desta forma pode-se concluir que mesmo evocando os conceitos de proporcionalidade, não auxilia o aluno na compreensão do fenômeno físico, pois demonstra não ter consciência de que a Física é uma disciplina independente da Matemática.

3.4.3 Professor entrevistado III

Este professor é licenciado pleno em Matemática, porém por meio de suas respostas pode se tornar um excelente professor de Física, por que apesar de matemático, demonstra saber ou ter consciência da diferença entre fenômeno físico e modelo matemático. Quando se fez a pergunta relacionada com o questionamento inicial, como: Do ensino fundamental que tópico de Matemática você evocaria, pois seria ferramenta fundamental, para uma melhor compreensão de alguns fenômenos de Física do 1º ano do EM? foi recebida com surpresa:

Os fenômenos físicos estão aí é quase que natural? Eu não relacionaria desse jeito? Por que pra falar a verdade, a matemática é um argumento, ela é um artifício usado na Física pra chegar a um determinado resultado. E o conceito de Física esta aí, ele existe e não depende da Matemática, depende sim pra chegar a uma conclusão, um resultado. Ele existe por si só. A Matemática só serve pra chegar a uma conclusão daquilo. Acho que a Física pela Física mesma, não necessariamente depende da Matemática, tanto é que os conceitos de Física, acho até mais importantes, que a parte que você precisa calcular (Prof. III, 2008).

Com esta resposta, o professor expõe claramente sua concepção com relação à diferença entre a disciplina de Física e a Matemática, o que é fundamental nas aulas de Física e na compreensão dos fenômenos. Quando se perguntou então ao professor se enfatiza a compreensão dos conceitos de Física, este ofereceu uma resposta contundente da diferença entre as duas disciplinas:

É fato que você precisa entender os conceitos de Física pra passar para os alunos, para que os alunos possam entender os conceitos relacionados com o dia-a-dia, relacionados até com a própria Matemática. Acho que não é por esse lado, pegar uma coisa da Matemática para que eles entendam os conceitos de Física. Eu não sei o que seria necessário usar, não. Que metodologia seria necessária para que eles entendessem os conceitos de Física, mas não através da Matemática.

Apesar de matemático, este professor foi enfático nesta fala, quanto à diferença entre modelo matemático e fenômeno físico, sendo até o presente momento o primeiro a deixar claro esta concepção, que mesmo o segundo professor entrevistado, sendo licenciado pleno em Ciências Naturais com habilitação em Física, não demonstrou por meio de suas respostas. Foi também bastante honesto ao falar que não sabia que metodologia ou estratégia deveria utilizar para auxiliar aos alunos a compreender os conceitos de Física, mas demonstrou convicção de que não seria por meio da Matemática.

Desta forma, este professor, com os elementos corretos, pode vir a se tornar um excelente professor de Física, pois o professor que leciona Física deve considerar em primeiro lugar e com muito cuidado a compreensão dos fenômenos físicos, e só a partir do momento em que estes estão estabelecidos como observáveis, e compreendidos pelos alunos é que se deve ir em busca de uma técnica ou um modelo matemático que o explica. Neste caso a Matemática entra como uma linguagem que descreve e explica o fenômeno e não o contrário.

3.4.4 Professor entrevistado IV

O quarto professor entrevistado nada acrescentou, e como é típico dos professores de Matemática, também vê a Física como disciplina de aplicação de modelos matemáticos. Desta forma este professor enfatiza mais o modelo matemático do que a compreensão do fenômeno físico propriamente dito. Porém, assim como o primeiro professor entrevistado também trabalha a Matemática de forma mecânica, sem fazer contextualização com ensino de Física ou com os fenômenos naturais. Pois quando foi perguntado: Certo, que Matemática do ensino fundamental, você rever ou evoca, no sentido de fazer o aluno lembrar, ao trabalhar com velocidade média, a 2ª lei de Newton e densidade? O professor responde:

Olha, quando eu começo no início do ano, eu faço uma revisão de Matemática. Pra lembrar eles que a Física depende de cálculos matemáticos. Então eu faço uma revisão no 1º ano, dou aquela revisão de notação científica, o que é notação científica? Como é que faz? Como é que diz faz? Como é que se multiplica ou divide números com vírgula, sem vírgula? Porque tudo isso é difícil pro aluno. Quando eu entro no movimento uniforme vai pegar toda essa parte. De jog de sinal. Que tem que saber (Prof. IV, 2008).

Por meio desta resposta pode-se concluir que o professor utiliza a Matemática em suas aulas de forma mecânica e, assim como o primeiro professor entrevistado, está habituado a trabalhar a disciplina de Física, para ensinar alguns conceitos de Matemática e o que é mais importante - a compreensão dos fenômenos físicos - fica para um segundo plano. Em suas respostas é possível perceber que durante suas aulas apresenta o conceito, dá a fórmula, resolve algumas questões com os alunos e logo em seguida os exercícios para praticarem, típico das aulas mecanizadas de Matemática. Tanto que isto é fato em suas aulas, que em uma de suas respostas diz: “Eu trabalho assim: primeiro eu explico o conceito, porque o mais importante é o aluno entender o conceito.” E logo em seguida completa: “Depois que eu explique este conceito eu tenho que transformar em fórmula matemática”. A partir destas respostas, pode-se concluir que o fenômeno é deixado para segundo plano em favor do uso repetitivo de fórmulas ou modelos que induzem à memorização por parte do aluno, sem realmente compreender o fenômeno físico que deveria ser o principal objetivo da aula de Física.

3.4.5 Professor entrevistado V

A quinta entrevista foi realizada com um professor, também licenciado pleno em Matemática, para o qual se fez as mesmas perguntas que foram feitas para os professores entrevistados anteriormente, e este demonstrou por meio de suas respostas, que trabalha tanto com a Matemática quanto com a Física de forma mecânica e lhe faltam muitos elementos que lhe possibilite proporcionar aos seus alunos uma construção de conhecimentos de qualidade nestas duas importantes áreas de conhecimentos, fundamentais na formação básica de todo cidadão de acordo com a proposta desta dissertação.

Apesar de insistir na busca de respostas, para a primeira questão quanto ao fato de evocar ou rever os conceitos de proporcionalidade, para ajudar os alunos a compreender os fenômenos físicos não foi obtido êxito. Por exemplo, quando se fez pela primeira vez uma pergunta relacionada com o questionamento inicial como: [...] Existe algum outro tópico de Matemática que você considera fundamental para se trabalhar com Física no 1º ano do EM? Ele deu a seguinte resposta: “Para mim é o

raciocínio mesmo que eles não têm. Eles não conseguem interpretar, ai está na área de Português”. Nesta resposta ele culpa os professores de Português que não estão ensinando seus alunos a interpretar textos.

Numa segunda tentativa, o professor responde agora que a maior dificuldade dos alunos é com números decimais e na terceira tentativa quando se pergunta: Professor, então que Matemática do ensino fundamental você revê/evoca, ou seja, faz o aluno lembrar, ao trabalhar com velocidade média, 2ª Lei de Newton e densidade? Ele responde: “são as quatro operações e os números decimais”, deixando claro que o professor definitivamente está procurando algo para se apoiar.

Fez-se então a quarta pergunta: Vamos pegar um exemplo professor. Que tal velocidade média? Se você quiser pegar outro exemplo fica a seu critério! Que Matemática do ensino fundamental você evocaria para ensinar velocidade média? Para esta pergunta, ele dá a seguinte resposta: “Isso envolve variáveis. Tu acha que seria equações?” Quando ele falou em variáveis, deixou entender que desta vez se voltaria para os conceitos de proporcionalidade e insistiu-se para que esclarecesse o termo “variáveis” e obtemos a seguinte explicação: “Olha, veja bem: as equações do 1º grau envolve variáveis, não é isso? E aí já começa a dificuldade. Só que para velocidade que envolve variáveis de espaço, tempo... você acha que seria a parte de geometria?” Com esta fala o professor mostrou de forma categórica que não tem noção tanto de Física quanto de Matemática, oferecendo uma resposta completamente distante do objetivo de nosso questionamento.

Com estas respostas, já era possível dar por encerrada a entrevista, pois os dados já eram suficientes. O que se pode perceber foi que o professor não evoca os conceitos de proporcionalidade, restava agora saber como desenvolve suas aulas de Física. Fez-se então a quinta e a sexta perguntas, que ficaram sem respostas coerentes. Somente na sétima tentativa onde esclarece: “Não sei se estou sendo bem claro com minha pergunta. Estou me referindo a este contraste entre velocidade e tempo, de que, quando se aumente a velocidade para se fazer um percurso o tempo de viagem diminui”. Só então ele se refere a razão e proporção. Porém quando se pergunta: você fala em razão e proporção. Você explica esses conteúdos antes ou durante suas aulas de Física? O professor surpreende ainda mais com sua resposta: “Não, nunca. No momento que eu estou trabalhando eu falo:

Olha isso aqui a gente ver lá na 6ª série. E eles dizem logo: Ah, professor mais faz tanto tempo!”. Típico do professor, que quando questionado sobre um determinado assunto que não domina, apresenta a desculpa de que o assunto é de outra série e pede para o aluno “correr atrás do prejuízo”.

Continuando, perguntou-se se ele volta para explicar o conteúdo, ao que responde: “Não, não as vezes eu até falo assim: Olha eu sou professor de Física e também de Matemática, mas fica difícil voltar pelo fator tempo. Mas às vezes eu volto, quando tem tempo para explicar”. Agora o professor joga a desculpa no tempo, por ter muita dificuldade em fazer qualquer tipo de conexão tanto dentro da Física quanto da Matemática.

Por meio de suas respostas foi possível perceber também que a Física é tratada de forma um pouco diferenciada por este professor, enquanto os outros professores licenciados em Matemática, entrevistados anteriormente, trabalham com o conceito, e em seguida a fórmula e logo depois com o exercício. O professor V entrevistado salta a primeira etapa e trabalha apenas com a fórmula e o exercício, sendo este categoricamente um exemplo, bastante significativo da forma mecânica e sem reflexão, priorizando a memorização de fórmulas, como é tratado tanto o ensino de Física quanto o de matemática, ao qual aponta-se nesta dissertação, caminhos no sentido de superação.

Na busca de superação do paradigma de uma Física pronta e acabada, portanto morta, apagada e ainda mais como disciplina de aplicação matemática verificada na maioria das entrevistas é que se propõe uma conexão entre a Física e a Matemática, mais especificamente com os Conceitos de Proporcionalidade, na compreensão dos fenômenos físicos. Pois o que se pode perceber por meio das entrevistas, foi que os professores não se deram conta ainda da importância dos conceitos de proporcionalidade para o ensino de Física e na compreensão dos fenômenos naturais e conseqüentemente não os utilizam.

Em alguns momentos, durante a prática docente, é necessário deixar claro para os alunos que uma fórmula ou modelo matemático não deve trazer transtornos, pois estes são uma forma de linguagem, e antes os alunos precisam fazer uma leitura das relações que estão postas e ter claro que uma fórmula matemática nada mais é que uma expressão do pensamento e que por isso não descreve de forma

absoluta os fenômenos naturais, devido aos limites do próprio pensamento e da linguagem, mas fornecem apenas verdades parciais da realidade. Pois para Einstein apud Macdonald (1991, p. 60). “Uma coisa eu aprendi ao longo da vida: que toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil— e, ainda assim, é a coisa mais preciosa que nós temos”. Este, portanto é mais um motivo para que os modelos matemáticos não passem despercebidos em nossas aulas de Física, pois mesmo os mais perfeitos sempre estão sujeitos aos limites da linguagem e do pensamento humano.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E NOVOS DESAFIOS

Nas discussões realizadas ao longo dos capítulos, delinear-se alguns dos problemas relacionados ao ensino e à aprendizagem de Física atualmente, dentre os quais a excessiva fragmentação no ensino de Física, buscando apontar seus efeitos mais imediatos no complexo processo de aprendizagem/(re)construção de conhecimentos desenvolvidos pelos alunos.

Procurou-se apontar as principais características do paradigma instaurado no contexto escolar, em especial suas facetas junto à construção de conhecimentos físicos. Verificou-se que, nesse contexto, a concepção de aprendizagem/(re)construção de conhecimentos de Física é pautada por um perfil mecânico, estático, irrefletido, opondo-se diretamente ao processo evolutivo da Física, já que esta enquanto fruto da criação e invenção humana evolui por meio da pesquisa e da reflexão constante.

Pôde-se verificar por meio da análise desta pesquisa que é consenso entre os entrevistados que as turmas do 1º ano do EM são as que apresentam mais dificuldades nas aulas de Física. Que o primeiro e o quarto professor entrevistado veem a Física como disciplina de aplicação matemática e desenvolvem suas aulas como os tradicionais professores de Matemática, trabalhando na sequência e de forma mecânica: o conceito, a fórmula e em seguida a definição.

O segundo professor entrevistado⁸, apesar de licenciado em Física e fazer referência, embora de forma indireta, aos Conceitos de Proporcionalidade logo nas primeiras perguntas, ainda vê a disciplina de Física completamente ligada à Matemática, e demonstra não ter consciência de que os fenômenos físicos ocorrem independentes do modelo matemático.

O terceiro professor entrevistado, mesmo sendo formado em Matemática, demonstrou muita segurança em suas respostas e sua concepção de que os fenômenos físicos existem antes do modelo matemático. A Matemática neste caso serve apenas como uma linguagem, ou uma forma de descrever o fenômeno. Este professor, de todos os entrevistados, foi o que apresentou o melhor perfil, e que pode vir a se tornar um excelente professor de Física, uma vez que percebe e

⁸ Seguiu-se a ordem em que aparecem no texto.

coloca o fenômeno antes do modelo matemático.

O quinto professor entrevistado deixou bastante evidente, em nossa concepção, que não consegue fazer nenhum tipo de ligação, tanto dentro da Matemática quanto de Física. Este professor não consegue diferenciar modelo matemático de fenômeno físico. Quando questionado sobre que Matemática evocava para ensinar velocidade média, demonstrou também estar desatualizado quanto aos conteúdos de Matemática, pois se referiu aos conteúdos de geometria, deixando claro que estava completamente desorientado, a procura de um ponto firme para se apoiar. Depois de muita insistência, já no final da entrevista o professor fez referência à razão e à proporção. E quando questionado se evoca/revê estes conceitos em suas aulas de Física, responde que não evoca e nem revê estes conceitos com os alunos. Apenas lhes dá a sugestão de pesquisar em livros de outras séries. Considerando que todas as pessoas são diferentes, pois possuem sua história de vida, porém da forma como está a desenvolver sua “prática” docente, em nossa concepção vem contribuindo para aumentar ainda mais o índice de insatisfação, o baixo rendimento e a evasão de muitos alunos principalmente os do 1º ano do EM.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999, p. 229) já sinalizam a necessidade de romper com essa postura, apontando como um dos princípios norteadores dessa ruptura a adoção de uma aprendizagem em Física vinculada à compreensão, à atribuição e à apreensão de significados. Porém, salientam que para que esse perfil seja implementado, é preciso abrir mão do tratamento compartimentado e estanque dos conteúdos, em prol de uma abordagem onde conexões entre conhecimentos, do mesmo campo ou não, sejam priorizadas e incentivadas.

Acredita-se que o real significado do conhecimento físico só é incorporado pelo aluno na medida em que este percebe e estabelece relações entre tais conhecimentos, entre esses e outros, dessa ou de outras áreas, fazendo generalizações em contextos mais amplos. Ou seja, quando as situações de aprendizagem forem centradas na construção de significados e na elaboração de estratégias para a resolução de problemas, quando estas permitirem ao aluno o desenvolvimento de processos importantes como intuição, analogia, indução e

dedução, e não partirem de atividades pautadas pela memorização, totalmente desprovidas de compreensão, ou centradas em um formalismo excessivo de conceitos.

Assim, o estímulo à capacidade de ouvir, discutir, escrever, ler ideias físicas, interpretar significados, pensar de forma criativa, desenvolver o pensamento indutivo/dedutivo, é o caminho que vai possibilitar a ampliação da capacidade para abstrair elementos comuns a várias situações.

Na busca da superação desse contexto, onde a aprendizagem de conhecimentos físicos é pautada pela transmissão e pela recepção de conhecimentos, é que se fundamentou a proposta desta pesquisa e alguns elementos que foram eleitos são essenciais na reversão do caminho que tem sido, tradicionalmente, preservado.

Advoga-se que o ponto de partida para mudanças, realmente significativas, é a adoção de uma nova postura diante do processo de ensino e aprendizagem de Física. Isso implica em compreender que o conhecimento físico é algo dinâmico, flexível, e que a aprendizagem/(re)construção deste possui um caráter de descoberta e de construção gradual, no qual o aluno assume um papel central.

Nesse sentido, acredita-se que a construção de conhecimentos físicos, associando-se aos conceitos de proporcionalidades e de grandezas diretamente e inversamente proporcionais, apresenta-se como uma via bastante fértil para o trato de conhecimentos nas aulas de Física, a fim de que se potencialize a aquisição/incorporação estruturada de saberes. A adoção de conceitos de proporcionalidades como ponto de partida para a construção de conhecimentos físicos é justificada pela capacidade que estes possuem de propiciar articulações entre os conhecimentos de Física e os de Matemática.

Contudo, esta pesquisa não pretendeu discutir as dimensões cognitivas ligadas à constituição desse conceito, ou das complexas ferramentas envolvidas na sua construção. Pois, tal discussão suscita uma abordagem mais aprofundada e uma ênfase no funcionamento cognitivo do sujeito durante o processo de apreensão do real, o que não foi possível abarcar nesta dissertação. Todavia, o propósito da pesquisa foi chamar atenção para o fracasso do atual ensino e na aprendizagem em

Física no ensino médio, ou seja, uma contribuição a reflexão pela necessidade de se pensar em novos caminhos considerando a ineficiência do atual.

A intenção, com esta dissertação foi apontar para um tempo de possibilidades e não de determinismos, de dúvidas e questionamentos e não de certezas e de verdades absolutas a fim de que o ensino, não só de Física, mas a Educação, de um modo geral, seja incorporada como um processo permanente de (re)pensar desenvolvimento e transformação na busca de qualidade na educação.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. 440f. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

ANGOTTI, J. A.; DELIZOICOV, D. **Metodologia do ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1990.

ANGOTTI, J. A. Conceitos unificadores e ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 15, n. 1 a 4, p. 191-198, 1993.

_____. **Fragmentos e totalidades no ensino de Ciências**. 1991. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1991.

AUTH, M. A. **Buscando superar a fragmentação no ensino de Física: uma experiência com professores**. 1996. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria, 1996.

AVILA, Geraldo. Razões, proporções e regra de três. **Revista do Professor de Matemática**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 01-08, 1986.

BARROSO, Marta Feijó. Entrevista Jornal HTML – Documento, mar/2005. Disponível em <http://www.educacaopublica.rj.gov.br/jornal/matéria.asp?Seq+219>.

BOLEA, P.; BOSCH, M.; GASCÓN, J. La transposición didáctica de organizaciones matemáticas en proceso de algebrización. El caso de la proporcionalidad. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 21, n. 3, p. 247-304, 2001.

BONJORNO, R. A. et al. **Física completa: ensino médio**. São Paulo: FTD, 2000.

BOYER, C. B. **História da Matemática**. Tradução de E. F. Gomide. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1974.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 1999.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física moderna? (Are the rules for Didactical Transposition applicable to the concepts of modern physics?) **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.

BROUSSEAU, G. **Theory of didactical situations in Mathematics**. Dordrecht:

Kluwer Academic Publishers, 1997.

CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/ccf>> Acesso em: 08 jan. 2009.

CAPRA, F. **O ponto de mutação**. São Paulo: Cultrix, 1980.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. Ijuí: UNIJUI, 2001.

CHASSOT, Attico. **Educação conSciência**. Santa Cruz do Sul: EdUNISC, (2. ed. 2007) 2003.

CHEVALLARD, Y. Steps towards a new epistemology in mathematics education. In BOSCH, M. **Proceedings of the IV Conference of the European Society for Research in Mathematics Education**, 2006.

_____. Organiser l'étude 1. Structures et fonctions. In: DORIER, J.; ARTAUD, M.; ARTIGUE, M.; BERTHELOT, R.; FLORIS, R. (eds.). **Actes de la 11e École d'Été de didactique des mathématiques - Corps - 21-30 Août 2001** (p. 3-22). Grenoble: La Pensée Sauvage, 2002.

_____. **Aspectos problemáticos de la formación docente**. Boletín del Seminario Interuniversitario de Investigación en Didáctica de las Matemáticas, n. 12, 2001.

_____. L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Grenoble, n. 19, v. 2, p. 221-266, 1999.

_____. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 19, n. 2, p. 221-266, 1999.

_____. **La Transposición Didáctica**: del saber sabio al saber enseñado. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.

CHEVALLARD, Y.; BOSCH, M.; GASCÓN, J. Estudiar Matemáticas. **El eslabón perdido entre enseñanza y aprendizaje**. Barcelona: Horsori, 1997.

CHEVALLARD, Y.; JOHSUA, M. **La transposition didatique**: du savoir savant au savoir enseigné. Paris: La Pensée Sauvage, 1991.

GARCÍA, F. J. et al. Mathematical modelling as a tool for the connection of school mathematics. **Zentralblatt für Didaktik der Mathematik**, v. 38, n. 3, p. 226-246, 2006.

GARCÍA, F. J; RUIZ HIGUERAS, L. Mathematical praxeologies of increasing complexity. In: BOSCH, M. **Proceedings of the 4th Conference of the European Research in Mathematics Education**, 2006.

_____. Reconstrucción y evolución de organizaciones matemáticas en el ámbito de los sistemas de variación de magnitudes. **Boletín del Seminario Interuniversitario de Investigación en Didáctica de las Matemáticas**, n. 12, 2002.

GASCÓN, J. Fenómenos y problemas em didáctica de las matemáticas. In: ORTEGA, T. (ed.). **Actas del III Simposio de la SEIEM**. Valladolid: SEIEM, 1999. p. 129-150.

HART, K. M. Ratio and proportion. In: HIEBERT, J.; BEHR, M. (eds.). **Number concepts and operations in the middle grades**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1988. v. 2. p. 198-219

HAWKING, Stephen. **Os gênios da ciência: sobre os ombros de gigantes: edição especial ilustrada/ [editado, com comentários de]; tradução e revisão técnica de Marco Moricone**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

ISAACSON, Walter. **Einstein: sua vida, seu universo**. Tradução: Celso Nogueira et al. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

KARPLUS, R., PULOS, S.; STAGE, E. Early adolescents' proportional reasoning on "rate" problems. **Educational Studies in Mathematics**, Springer, Holanda, v. 14, p. 219-233, 1983.

MACDONALD, Fiona. **Albert Einstein**. Tradução: Carmem Carril. Esníder Pizzo, 1992. (Editora da obra original: Helena Exley)

MELO, Luiz Arlindo Ramos de. **A prática pedagógica e a construção de saberes do biólogo no ensino de Física na 8ª série**. 2007. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas) - Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

MENEZES, Luís Carlos de. **Vale a pena ser físico?** São Paulo: Moderna, 1988. (Coleção Passo a Passo – Profissões, v. 5).

NOELTING, G. The development of proportional reasoning and the ratio concept: Part I – Differentiation of stages. **Educational Studies in Mathematics**, Springer, Holanda, v. 11, p. 217-253, 1980a.

_____. The development of proportional reasoning and the ratio concept: Part II – Problem structure at successive stages; problem solving strategies and the mechanism of adaptive restructuring. **Educational Studies in Mathematics**, Springer, Holanda, 11, p. 331-363, 1980b.

NETO, Jorge Megid; PACHECO, Dércio. Pesquisa sobre ensino de Física no Brasil: concepções e tratamento de problemas em teses e dissertações. In: NARDIR, Roberto (org.) **Pesquisa em ensino de Física**. 2. ed. São Paulo: Escritura, 2001.p.18 (Educação para a Ciência)

PENTEADO, Paulo Cesar M. **Física** – ciência e tecnologia. São Paulo: Moderna, 2005.

PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 93-114, abr. 2002.

PINHEIRO, Aluizio Ribeiro **A conexão na matemática escolar**: uma estratégia de ensino. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas) - Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

PINHEIRO, T. **Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula da primeira série do segundo grau e a ciência dos cientistas**: uma discussão. 1996. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

PINHO ALVES, J. F. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174 -188, 2000.

PROGRAMA de Pós-Graduação em Educação UFF. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Niterói (RJ), v. 24, n. 1, p. 140-141, abr. 2007.

RAMALHO, F. S. **Os fundamentos da Física**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 1979.

REVISTA INVESTIGAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS. Disponível em: <www.iof.ufgs.br>. Acesso em: 20 jul. 2008.

RUIZ, A. R. Matemática, matemática escolar e nosso cotidiano. **A Página da Educação**, Porto, Portugal. Disponível em: <<http://www.a-pagina-da-educacao.pt>> Acesso em: 20 jul. 2008

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Física**: volume único 2. ed. São Paulo: Atual, 2005. (Coleção Ensino Médio Atual)

SINGER, J.; RESNICK, L. Representations of proportional relationships: are children partpart or part-whole reasoners? **Educational Studies in Mathematics**, Springer (Holanda), v. 23, p. 231-246, 1992.

TOURNIAIRE, F. Proportions in elementary school. **Educational Studies in Mathematics**, Springer (Holanda), v. 17, p. 401-412, 1986.

TOURNIAIRE, F.; PULOS, S. Proportional reasoning: a review of the literature. **Educational Studies in Mathematics**, Springer (Holanda), v. 16, p. 181-204, 1985.

XAVIER , Maria Elizabete Sampaio Prado e outros. **História da educação**. a escola no Brasil: São Paulo: FTD, 1994.

UMA comparação entre deduções da equação $E=mc^2$. **Rev. Bras. Ens. Fis.**, São Paulo, v. 26, n. 2, 2004.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Física. Disponível em: <www.if.usp.br/> Acesso em: 18 jun. 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Disponível em: <www.ufsc.br> Acesso em: 15 jun. 2008.

ANEXOS

Anexo I

TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA COM O PROFESSOR I DA ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO FREI MIGUEL DE BULHÕES (12.06.2008)

LC - Qual a sua formação?

Prof. I - Sou formado em Matemática.

LC- Quais as dificuldades em Matemática que os alunos apresentam ao estudar Física?

Prof. I - Da Matemática para estudar Física. A dificuldade que eles têm são em operações básicas, como divisão, a questão do jogo de sinal, basicamente as dificuldades maiores são essas.

LC - Essa dificuldade se apresenta em todas as turmas?

Prof. I - Não, não. Algumas turmas dá para trabalhar de uma maneira melhor do que outras. Não são todas as turmas não, que tem mais dificuldades.

LC - Quais são as turmas que têm mais dificuldades na sua opinião?

Prof. I - As turmas que têm mais dificuldades são as de 1^a ano. As turmas de 1^a ano têm mais dificuldades em aprender por conta das deficiências que eles trazem do ensino fundamental.

LC - Que Matemática do ensino fundamental você revê (evoca: faz o aluno lembrar) ao trabalhar com a velocidade média, a 2^a Lei de Newton, a densidade, por exemplo?

Prof. I - Bom, a velocidade média é a questão da divisão que eu te falei ainda agora, na velocidade média sempre pede essas divisõezinhas que os alunos às vezes tem dificuldades. Na Lei de Newton não tem tanta dificuldade não, na 2^a Lei, também um pouco dessa divisão, por que na 2^a também tem uma divisõezinha. Na densidade é a questão da transformação de unidades, conversões de unidades de medidas, que às vezes eles têm dificuldades também, por exemplo, para transformar de milímetro cúbico para centímetro cúbico, essas conversões de unidades aí.

LC - Quando você trabalha densidade, como é feita a apresentação deste conteúdo? Você usa o livro ou apresenta de outra forma?

Prof. I - A gente sempre costuma pegar pedaços de madeira para associar com pedaços de esponja do mesmo tamanho, mais ou menos para eles relacionar a questão da massa do peso deles para diferenciar a densidade.

LC - Como assim um pedaço de madeira e um pedaço de esponja? Explique melhor.

Prof. I - Sim, um pedaço de madeira mais ou menos do mesmo tamanho de um pedaço de esponja, uma esponja pequena daquelas que a gente usa para apagar o quadro, a gente sempre usa, compara, aquele que é mais pesado, tem mais massa,

logo aquele lá é mais denso, a gente vai relacionando pedaços de substâncias diferentes com mais ou menos o mesmo volume, para ele relacionar com a densidade.

LC - Que ideia existe por trás desta experiência?

Prof. I - A ideia é mostrar que aquele corpo que tem o mesmo volume que o outro, se ele for mais pesado tem maior massa e conseqüentemente maior densidade. A ideia é esta ao comparar corpos assim.

LC - Quando trabalha com esses tópicos da Física, como você faz a relação com a Matemática?

Prof. I - Bom, a gente sempre procura mesclar, porque a Física não tem como separar da Matemática as duas andam juntas, a Matemática você pode até dar aula de Matemática sem falar em Física, mas falar de Física sem falar em Matemática é praticamente impossível. A Física você tem que associar a Matemática.

LC - Então no momento que você vai lecionar as aulas de Física vai fazendo também uma certa conexão com a Matemática?

Prof. I - Juntando a Matemática e trabalhando, às vezes até fazendo a revisão de algum tópico de Matemática que eles têm dificuldades, pra gente poder associar na Física.

LC - Em sua opinião, qual(is) a(s) estratégia(s) de ensino deve(m) ser posta(as) em prática para que a relação entre fórmula matemática e o fenômeno físico fique claro para o alunado?

Prof. I - Através de experiências. A gente esse ano vai trabalhar com laboratório, que a gente fez um curso a semana passada pra trabalhar laboratório. Uma das experiências que a gente fez lá, foi calcular a gravidade no local. Pega uma fórmula do movimento harmônico simples, mede o tamanho do fio do pêndulo, mede o tempo que ele leva pra ir e voltar e a gente joga na fórmula e acha a gravidade local, essa é uma das formas de associar as fórmulas aos fenômenos físicos.

LC - Como será organizada essa aula com o laboratório?

Prof. I - A gente dá aulas antes, e depois a gente vai para o laboratório.

LC - Aí no laboratório?

Prof. I - No laboratório vai ser praticamente confirmado o que foi feito em sala de aula. É claro que nunca vai dar exata por que no laboratório são aproximações, dificilmente vai dar exata por que medir o tempo para o pêndulo ir e voltar, por exemplo, aqui no termômetro, sempre tem uma margenzinha de erro e esse ano a gente vai começar a trabalhar. A partir de agosto vão lotar os professores no laboratório e a gente vai começar a trabalhar. A gente fez um curso a semana passada e aprendeu a trabalhar com laboratório.

LC - Você falou que o laboratório é apenas uma das formas de associar as fórmulas matemáticas aos fenômenos físicos, você poderia falar sobre outra forma de fazer

essa associação pegando um dos tópicos anteriores?

Prof. I - Outra forma é pedir aos alunos que meçam o trajeto de casa à escola (aproximadamente) e o tempo gasto para percorrê-lo, aí encontrar a velocidade média. Nessa experiência, peça para eles diminuir o tempo de percurso e ver o que acontece com a velocidade. Nesta experiência estamos aplicando o conceito de diretamente e inversamente proporcional

LC – O.k., só pra concluir professor, em sua opinião qual a matemática do ensino fundamental é mais necessária, que os alunos necessitam mais para que o processo ensino e aprendizagem em Física se efetive concretamente?

Prof. I - Algum conteúdo?

LC - Algum conteúdo, algum tópico de Matemática que é necessário para que eles aprendam a Física de modo geral, que eles necessitam para entender os fenômenos físicos, alguma estratégia, algum tópico de Matemática relacionado a alguma estratégia?

Prof. I - É tem um conteúdo da 6ª série, ele é muito explorado quando você chega, pra ensinar assunto de física, é que na 6ª série você estuda razão e proporção, quando você for trabalhar as grandezas na Física, você vai ter que ter noção das grandezas diretamente proporcional e inversamente proporcional, e a questão dos sinais também que é ensinado na 6ª série também isso aí é muito importante no ensino da Física. Eu diria que do ensino fundamental o ano de estudo que se aproveita mais é o da 6ª série, você trabalha aí essas relações de grandezas, de regra de três também que você trabalha na Física eu diria que é fundamental.

LC - E nas suas aulas você sempre evoca essas relações de grandezas?

Prof. I - Sempre trabalho com essas questões de grandezas, é por que de vez em quando elas são questões de vestibular, inclusive nas questões da UEPA eles sempre trabalham essa questão tipo o que acontece com alguma grandeza quando você diminui a outra ou aumenta, ai você tem que saber se ela é diretamente ou inversamente proporcional.

LC - E você sempre mostra isso para os alunos?

Prof. I - Mostro sempre. Eu exploro essa questão de grandezas com eles, que ele vem na 6ª série mais quando o aluno chega no EM já esqueceu.

LC - Você poderia dar um exemplo de como você mostra essa relação com um dos tópicos que nós discutimos anteriormente?

Prof. I - Trabalho a densidade de um corpo, por exemplo, mostro que quanto menor o volume ocupado por um corpo, maior é a densidade do corpo, mostrando assim a razão inversa entre densidade e volume.

LC – O.k., professor. Obrigado.

Anexo II

TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA COM O PROFESSOR II DA ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO FREI MIGUEL DE BULHÕES (15.06.2008)

Luis Carlos - Em primeiro lugar professor, qual a sua formação?

Prof. II - Minha formação acadêmica é Ciências Naturais com habilitação em Física.

LC - Habilitação em Física! Muito bom.

Prof. II - É, formação acadêmica. Agora, tenho uma formação em técnico agropecuária?

LC - Você já trabalhou com as turmas de 1º e 2º do EM?

Prof. II - Sim e no cursinho com o terceiro ano, só um ano também.

LC - Você trabalhou no cursinho com o 3º ano também? Bom, pra começo de conversa, professor na sua opinião quais as dificuldades em Matemática que os alunos apresentam ao estudar a Física?

Prof. II - Em Matemática?

LC - Sim!

Prof. II - Rapaz, o problema dos alunos que eu acho, principalmente com os alunos do 1º ano, é a parte de funções, é a maior dificuldade, é o assunto que eles têm mais dificuldade é funções, não têm uma base. Funções e trabalhar com números que envolve vírgula, tanto pra multiplicar, todas as operações, multiplicação e divisão principalmente, você vai trabalhar com aquela parte de transformações de unidades de velocidade, vai ser a maior dificuldade de transformar, só aquelas multiplicações básicas, multiplicando ou dividindo por 3,6, não todos, mais a maioria tem uma grande dificuldade.

LC - Certo, você já trabalhou com as 3 turmas do EM. Na sua opinião qual é a turma que tem mais dificuldade?

Prof. II - Rapaz, é o seguinte, aquela turma que apresenta mais dificuldade é sempre o 1º ano, que ele chega lá no 1º ano, o que é que acontece, quando ele chega lá no 1º ano a maioria dos professores fazem o seguinte se adéqua ao nível da turma, entendeu? No 1º ano ali eles têm mais dificuldades, no 2º ano o professor já sabe o nível da turma e vai de acordo com a turma, entendeu? No 1º ano eles sentem mais dificuldade, e acho que vem da base deles, chega lá o professor descobre... A não tem condições de eu seguir nessa, nesse critério aqui, e no 2º ano ele maneira mais e passa de acordo com o que, por exemplo, ele passa aqui um assunto, ele sabe o assunto que ele trabalhou no 1º então ele vai dar continuidade naquele assunto. A maioria das vezes o professor não acaba o assunto do 1º ano, chega no 2º ano é o mesmo professor, e vai pagar o mesmo assunto do 1º ano, a maior dificuldade que os alunos têm acho que é no 1º ano.

LC - Que Matemática do ensino fundamental você revê (evoca: faz o aluno lembrar) ao trabalhar com a velocidade média? A 2ª Lei de Newton? Densidade? Por exemplo.

Prof. II - Qual é o primeiro assunto que você citou aí?

LC - Velocidade média?

Prof. II - Velocidade média, regra de três, você tem que rever com eles. Funções também tem que rever com eles, tem que dar umas explicações de funções.

LC – Por que funções?

Prof. II - Para a parte de gráficos, trabalhar com gráficos, movimento uniforme, movimento variado, tem que rever isso aí, principalmente função linear e quadrática

LC - E para a segunda Lei de Newton?

Prof. II - Não eu acho que a parte que precisa rever mesmo é essa parte aí do 1º ano eu acho fundamental, tem que rever mesmo se não os alunos não avançam. Na 2ª Lei também é igual, esses mesmos cálculos.

LC - Função?

Prof. II - É função também e a parte da regra de três é fundamental, porque quando eles fazem essas transformações eles têm uma dificuldade imensa, esta multiplicando passa dividindo, a gente vai ter que explicar, e explicar numericamente, mostrar o número, isso aí não passa de uma regra de três mascarada, essas transformações. Por que você não vai trabalhar com letras? Por que eles têm dificuldades? Aí vai lá, vem com a Matemática, uma regra de três, faz aquelas multiplicações lá com os números, aí eles entendem, vai pras letras pras incógnitas...

LC - Como é que você trabalha esse conteúdo matemático?

Prof. II - Isso aí na verdade a gente tem pouco tempo, a gente tem que ser rápido, Luis Carlos, na hora que você vai deduzir as fórmulas para os alunos, o aluno não entende o que aconteceu, aí vai para os números, por exemplo, assim, você diz que... Vou te dar uma fórmula que leve multiplicação aqui, força por exemplo?

LC - Certo!

O - Isso aqui você diz pra eles, esse é um exemplo clássico que acontece em várias edições, aí eles não entendem. Aí você vai e explica aqui que $8=4*2$. Você vai trabalhar com números, aí você faz aquelas transformações, significa que $4=8/2$, você vai explicar que sempre continua uma igualdade, então você vai trabalhando com essa igualdade para chegar nas letras. Isso aqui eles têm facilidade, por que isso aqui está gravado na memória deles que 8 dividido por 2 dá 4.

Prof. II - Isso aqui é a segunda Lei de Newton? Que Matemática está envolvida nesta operação?

Prof. II - Uma regra de três simples, uma regra de três mascarada.

LC - Como é que você faz na hora de apresentar esse conteúdo? Apresenta tudo junto ou separado?

Prof. II - Não, na hora que eles apresentam a dificuldade lá. Sabe por que vocês têm dificuldades é problema de Matemática. Vamos tirar essa dúvida aqui? Risca uma parte do quadro e ó, trabalha com números com eles, eles assimilam isso aqui rápido, agora se você for explicar isso aqui eles não vão mentalizar que F dividido por A, não mentalizando uma outra letra entre essas duas, entendeu. Trabalhar com números com certeza eles vão entender. Isso aqui são os exemplos mais claros que eu te dei, isso aqui na verdade não acontece, isso aqui, mas em outras deduções, mas complicadas eles se enrolam todinho.

LC - Como você relaciona essa Matemática com os fenômenos físicos?

Prof. II - Como assim, pode ser mais claro?

LC - Como você explica esta fórmula matemática para mostrar o fenômeno físico?

Prof. II - Ah tá, isso aqui, a partir do momento que eu comprovo a igualdade, o tempo é..., vou vê é... confirmar... vai ser uma confirmação de fórmula... vou dizer assim como isso aqui é igual (se referindo a fórmula da velocidade média) isso aqui é a mesma coisa, é uma comprovação, o que é que ele pode dizer? Não entendi isso, como é que foi isso? Então a gente confirma com a Matemática, a Matemática serve como prova, eu vejo assim.

LC - Essas duas fórmulas $(f = ma \text{ e } V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t})$ utilizam a mesma Matemática? Estão relacionadas? Ou utilizam Matemáticas diferentes?

Prof. II - Utiliza. As duas têm a mesma relação, todo exemplo dá para utilizar essa relação, a hora que você passa isso pra cá, você tem um produto e um número isolado aqui.

LC - Então a mesma Matemática que se utiliza na 2ª Lei se utiliza na velocidade média?

LC - Em sua opinião, qual(is) a(s) estratégia(s) de ensino deve(m) ser posta(s) em prática para que a relação entre fórmula matemática e o fenômeno físico fique clara para o alunado?

Prof. II - –Experimento, eu vejo que isso aí o experimento é fundamental para essas explicações assim. Por exemplo, no meu TCC, eu trabalhei a utilização da informática no ensino de Física, ou seja, a informática servia como um laboratório. Como no 2º grau (E. E. de Ensino Médio Frei Miguel de Bulhões) não tem laboratório de Física, nós colocamos num computador um laboratório, ou seja, todos os assuntos relacionados ao 1º ano, parte da mecânica, nós tínhamos experimentos, nós compramos um programa da Educando. Ele tem todos os experimentos, por exemplo, trabalhando com hidrostática, eles fazem todas as simulações, como se estivessem em um laboratório e assim nos observamos... um dos nossos resultados foi esse... que diminui essa dependência da Matemática e eles têm mais facilidade

em assimilar, por que como nós não temos... Essa nossa dependência da Matemática dos alunos é relacionado a material que eles não tem palpável. Tudo é muito teórico, não tem material de simulação. A partir do momento que você trabalha, ou num laboratório ou num computador que simule um laboratório, pode simular, aí você obtém resultados positivos.

LC - Então vocês utilizaram a informática?

Prof. II - Utilizamos a informática, mas não a informática em si. Nós pegamos a informática e nós trabalhamos como se estivessem montado um laboratório no computador, entendeu? Todo aquele material que tem no laboratório de Física, nós colocamos no computador, todas as simulações que podíamos fazer. Simulações de pressão, de velocidade, e... simulações envolvendo a parte da hidrostática, de empuxo, todas aquelas relações lá, entendeu? O que era mais que eles queriam. Todos os assuntos tinham a parte experimental, qualquer tema que entrava na parte da dedução de Matemática, tinha experimentação. Aí o aluno com aquelas simulações ficava mais fácil, talvez por essa dependência... só pode ser tirado com experimento, por que esse é um resultado comprovado.

LC - Como é que você organizava suas aulas com experimento?

Prof. II - Não, nas minhas aulas não tinha experimento, eu falei essa experiência por que eu tinha experiência do meu TCC.

LC - Mas você nunca organizou uma aula?

Prof. II - Não. Não tinha como fazer, principalmente no cursinho. E no 2º grau (E. E. de Ensino Médio Frei Miguel de Bulhões) também você corre pra explicação matemática mesmo, você vai, faz a Física e explica a Matemática envolvida.

LC - No 2º grau tem um laboratório.

Prof. II - Mas não funciona.

LC - Aí você nunca organizou uma aula com experimento?

Prof. II - Não. Não teve como.

LC - Só para concluir professor, de modo geral, qual a Matemática do ensino fundamental é de grande importância para que os alunos compreendam os fenômenos físicos?

Prof. II - Rapaz, é a base de todas, base matemática que são as operações, essa é a base. As operações, todas.

LC - Quais operações?

Prof. II - As quatro operações, essa é a base, e dentro dessas 4 operações, fazer todos aqueles cálculos básicos que tem lá, aí depois avançar para outro. Produtos notáveis também é interessante, você entra naqueles básicos, regra de três simples e composta, mais a simples não é obrigatória a composta e parte de função, que é assunto que você vê na 7ª série, mais não fica nisso, você vai vê na 1ª, funções isso

aí, quando você vai explicar a parte de mecânica lá, você utiliza muito esses gráficos, para demonstrar os experimentos, e tudo, se o aluno não tiver um bom entendimento de função, ele não vai sacar disso aqui, trabalhar com vértice, por exemplo, a inclinação da parábola lá em cima. Trabalhar com sinal, por exemplo, você mecaniza isso na cabeça do aluno, se a aceleração for negativa a parábola faz isso aqui, entendeu? Se for positiva o aluno... mas o aluno não sabe o porquê daquilo, porque o aluno não tem base de função linear. Você diz o seguinte... mecaniza na cabeça dele também, na função linear...olha se não apresentar, um coeficiente angular, essa reta vai se assim. Se apresentar, por exemplo, se X for igual $AB+C$, se apresentar isso aqui, essa reta já vai ser uma coisa assim. Você passa a reta... mas o aluno não sabe isso aqui na verdade, não sabe o porquê disso, porque isso... isso aqui com certeza é falta de função, aprender as bases da função lá atrás, que é assunto do 1º ano, mas que a gente aprende na 7ª ou 8ª série. Por que na 7ª série é polinômio, produtos notáveis e... qual é o outro? Equação do 2º grau?

LC - Não, a equação do 2º grau se vê na 8ª série, na 7ª série se vê de 1º grau.

Prof. II - A de 1º grau? Na 8ª de 2º grau, uma base só.

LC - É.

Prof. II - Eu acho que é isso mesmo, Luis Carlos, não sei se você concorda comigo, mas eu vejo dessa forma.

LC - Professor, muito obrigado!

Anexo III

TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA COM O PROFESSOR III DA ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO FREI MIGUEL DE BULHÕES (13.06.2008)

Luis Carlos - Qual a sua formação, professor?

Prof. III - Sou licenciado pleno em Matemática, entrei em 1998 e sai em 2002, no campus de Castanhal.

LC - Você trabalha com Física?

Prof. III - Sim, trabalho com Física no EM.

LC - Você percebe alguma dificuldade dos alunos em suas aulas de Física?

Prof. III - Sempre apresentam. Porque acho que eles já vêm da 8ª série com alguma deficiência. Pra você pegar no 1º ano e dar uma sequência, tem que basicamente fazer uma revisão dos conceitos básicos, pra poder fazer um trabalho razoável, digamos assim.

LC - Essas dificuldades que você observa, são em relação à compreensão dos conceitos de Física ou da Matemática em si?

Prof. III - Acho que os dois. Tanto em relação aos conceitos de Física quanto os de Matemática. Pra falar a verdade, eles não entendem a Física como Física e sim como Matemática, é isso que eu percebo. Pra eles, Física é só cálculo, eles não procuram entender o conceito.

LC - Quais as dificuldades em Matemática, que os alunos apresentam ao estudar Física?

Prof. III - Que eles apresentam ao estudar Física? É dificuldade em calcular... dificuldade em dividir... dificuldade em multiplicar... principalmente quando se trata de números decimais... de frações... os números racionais em geral, eles tem dificuldades.

LC - Do ensino fundamental que tópico de Matemática você evocaria, pois seria ferramenta fundamental, para uma melhor compreensão de alguns fenômenos de Física do 1º ano do EM?

Prof. III - Bom, para uma melhor compreensão dos fenômenos de Física...

LC - Sim, para que eles entendam também os fenômenos físicos.

Prof. III - Os fenômenos físicos estão aí é quase que natural? Eu não relacionaria desse jeito? Por que pra falar a verdade, a matemática é um argumento, ela é um artifício usado na Física pra chegar a um determinado resultado. E o conceito de Física está aí, ele existe e não depende da Matemática, depende sim pra chegar a uma conclusão, um resultado. Ele existe por si só. A Matemática só serve pra chegar a uma conclusão daquilo. Acho que a Física pela Física mesma, não

necessariamente depende da Matemática, tanto é que os conceitos de Física, acho até mais importantes, que a parte que você precisa calcular.

LC - Então você enfatiza a compreensão dos conceitos físicos...

Prof. III - É fato que você precisa entender os conceitos de Física pra passar para os alunos, para que os alunos possam entender os conceitos relacionados com o dia-a-dia, relacionados até com a própria Matemática. Acho que não é por esse lado, pegar uma coisa da Matemática para que eles entendam os conceitos de Física. Eu não sei o que seria necessário usar, não. Que metodologia seria necessária para que eles entendessem os conceitos de Física, mas não através da Matemática.

Prof. III - Muito bem, deixa eu especificar melhor, que Matemática do ensino fundamental, você evocaria ou reveria com os alunos para trabalhar, por exemplo, com velocidade média, a 2ª Lei de Newton e densidade?

LC - Velocidade média? Uma parte da Matemática que está muito relacionada com isso seria a parte de função? 2ª Lei de Newton é uma função? Então seria a parte da função. A parte de gráficos também... o que você encontra muito hoje em dia são interpretação de gráficos de velocidade, de tempo, de aceleração? Acho que seria interessante se trabalhar a parte de função relacionada com isso.

LC - Pode explicar melhor, como você faz a relação de função, com velocidade média? Como é que você apresenta esses conceitos para alunos?

Prof. III - A gente sempre procura colocar coisa do dia-a-dia! Eu costumo até colocar a própria ida deles da casa pra escola, supondo um espaço da casa pra escola e pedindo que eles verifiquem o tempo que eles gastam neste trajeto? Qual é o espaço da tua casa para a escola, por exemplo? E quanto tempo tu gasta em média vindo pra cá? Gasto 10 minutos. Então vamos calcular sua velocidade média até você chegar aqui na escolar. É assim que eu procuro colocar.

LC - Certo, você poderia dar um exemplo com dados?

Prof. III - Uma outra situação que sempre coloco, é o seguinte: você vai pra Castanhal com sua mãe? Olhe só, o espaço para Castanhal é tantos km, o tempo de viagem é tanto... só que tu olha no velocímetro do carro, ta marcando 50/80km/h, aí eu procuro explicar, por que está marcando 80km/h."

LC - Professor eu ainda não entendi como você mostra essa relação evocando a ferramenta Matemática, principalmente quando a ocorre a variação de uma das grandezas, neste seu exemplo?

Prof. III - Bom, neste caso dentro da Matemática isso seria o conceito de proporcionalidade? Na própria ida da casa se você acelerar teu passo, o que vai acontecer com o tempo? E a velocidade que relação vai ter em relação a isso, vai aumentar ou diminuir? Eu costumo colocar isso pra eles, pois há casos em que ela é diretamente proporcional e há casos em que ela é inversamente proporcional.

LC - Como você apresenta essa relação de grandezas diretamente e inversamente proporcional pros alunos?

Prof. III - Deixa eu pensar numa relação que eu poderia colocar.

LC - Se você quiser riscar, tem caneta e papel aqui.

Prof. III - Para colocar essa relação de proporcionalidade?

LC - Você pode pegar um desses temas que estamos discutindo ou pode pegar outro que está habituado a trabalhar, desde que envolva essa relação de proporcionalidade.

Prof. III - Bom, pode ser a velocidade média... A relação entre o espaço e o tempo é inversamente proporcional? Quanto menos tempo você gasta é porque sua velocidade aumentou, então é uma relação inversamente proporcional. Agora por exemplo o espaço já não é inversamente proporcional à velocidade em relação ao tempo, o espaço é diretamente proporcional. Vamos supor, por exemplo, que você tem uma velocidade de 10km/h, aí você gasta um tempo de 2h. Qual é o teu espaço? Segundo a relação que você utiliza aquela formulazinha física, é uma fórmula matemática, mas foi criada dentro da Física para resumir a história?

LC – Estou entendendo...

Prof. III - Aí você vai ter uma relação direta, uma multiplicação do espaço, aliás da velocidade pelo tempo, pra ti poder encontrar o espaço, aí eu mostro essa relação todinha, isso aqui é uma relação diretamente proporcional, por que quanto menos tempo a velocidade é maior? Eu costumo colocar sempre o conceito de multiplicação como direta e de divisão como inversamente proporcional, aí parece que começa a clarear um pouco a ideia.

LC - Muito bem. Como você faz essa relação entre velocidade, tempo e espaço e os tópicos de Matemática que discutimos anteriormente, durante suas aulas?

Prof. III - Pois é, a gente sabe que trabalhar em sala de aula apresenta n situações, que talvez algum momento você pense que os alunos estão por dentro daquilo... noutro você tem que parar aquilo que estava programado para aquela aula e fazer uma revisão de um determinado tópico para que o aluno entenda determinado conceito de Física. Então eu trabalho exatamente assim: eu trabalho com apostilas. Apostilas pequenas com duas ou três folhas no máximo com os conceitos e definições.

LC - Até porque na realidade deles fica difícil elaborar uma apostila muito extensa, não é mesmo?

Prof. III - É, não tem condições, eles choram logo. Aí a maioria na apostila são exercícios? Então quem não assiste aula, por exemplo, não tem quase que condições de resolver a apostila sozinho, por exemplo, por que a apostila é basicamente exercícios e o importante mesmo são as explicações que a gente vai dando e os exemplos que a gente vai colocando?

LC - Certo

Prof. III - Então é isso que eu faço. Pego a apostila explico ali, e tal, depois ensino os conceitos para eles. Nos exercícios eles vão aprender a identificar o que é um

tempo, uma aceleração... dentro do exercício.

LC - Muito bem!

Prof. III - Aí sim agora que relação você pode utilizar, para usar os dados que você colheu do problema de acordo com aquilo que explicamos, eles vão ver que esse exercício se resolve por essa fórmula mas não pode ser feito assim, porque aí o aluno fica mecânico. Tirou os dados do problema, beleza, então que relação tu pode utilizar com esses dados, aí eles vão começar a botar a cabeça para funcionar. Será que é a 2ª Lei de Newton que vou utilizar aqui? Será que é uma transformação da parte da calorimetria? Que tópico da Física vou utilizar? Eu trabalho dessa forma.

LC – Certo.

Prof. III - Eu acredito Luis, que a grande dificuldade deles, tanto na Física quanto na Matemática é a interpretação. Eles não sabem interpretar o problema e às vezes quando interpretam não sabem que relação utilizar. Por que eles não sabem utilizar? Porque talvez não tenham entendido o conceito da coisa digamos assim.

LC - Este ponto me chamou muito atenção, o fato dos alunos interpretarem o problema. E neste caso não estão pensando em fórmula.

Prof. III - Não, eles não estão pensando em fórmulas, eles retiram os dados para ver que dados são apresentados para analisar que situação eles vão utilizar.

LC - Certo.

Prof. III - Eu falo isso por que trabalhei muito tempo em cursinho, acho que os primeiros cursinhos de São Miguel eu trabalhei, até o da Francisca.

LC - Eu lembro.

Prof. III - Então a dificuldade que eu vejo é o seguinte: você está trabalhando um assunto e naquele momento você passa um exercício, então os alunos naquele momento sabem que a fórmula está relacionada com aquele assunto que você acabou de explicar, aí eles mecanicamente vão lá e aplicam a fórmula para resolver o problema. Aí eu procuro, coloco para eles o seguinte, no vestibular não vai estar escrito que fórmula você vai utilizar, você vai ter que usar o raciocínio para ver que resolução você vai utilizar, pode ser um arranjo simples, se não é um arranjo simples é uma combinação, são muito semelhantes. A dificuldade deles é saber que assunto dentro da Física ou da Matemática aquela questão está relacionada.

LC – A gente pode utilizar um arranjo simples pra resolver um problema dentro da Física, de velocidade, por exemplo?

Prof. III - Não me recordo. Olha a gente mesmo pode criar situações nesses casos. Por que a gente acaba sendo mecânico utilizando os conceitos que já estão prontos? Aí a gente acaba não criando. A gente pode criar. No cursinho eu crio as minhas próprias questões, são apenas duas questões para cada turma.

LC - Você poderia agora dar um exemplo de uma questão que você passou para os seus alunos onde eles buscam resolver sem usar a fórmula usando estes conceitos

de proporcionalidade?

Prof. III - Deixa eu pensar um pouco.

LC - Se você quiser riscar, aqui tem caneta e papel!

Prof. III - Não entendi a pergunta!

LC - Você falou uma coisa que me chamou muito a atenção, que é o fato dos alunos não usarem a fórmula de forma mecânica em suas aulas. Quando o aluno se depara com um problema, ele vai fazer uma análise e buscar as ferramentas necessárias e corretas para resolvê-lo...

Prof. III - E esse conceito matemático acaba naquilo que chamamos de fórmula.

LC - Então depois da análise ele acaba caindo na fórmula?

Prof. III - Ele acaba percebendo que aquele problema está relacionado com aquela fórmula. Para falar a verdade, uma coisa que veio facilitar pra nós foi isso, a fórmula. Mas acredito que dentro da Física a gente não pode utilizar esse conceito, e muito menos decorar fórmula? Por quê? Porque há uma variação muito grande.

LC – Então, professor, eles não criam uma forma diferente de resolver o problema, eles fazem a análise e depois vão buscar a fórmula que já existe adequada para resolvê-lo.

Prof. III - É, a análise deles acaba recaindo numa fórmula criada, digamos assim.

LC – Então, professor, neste caso, você usa a fórmula ou busca uma maneira diferente de resolver o problema?

Prof. III - Uma coisa que fiz no 1º ano e que achei muito interessante, foi o seguinte: eu trabalhei muitas questões sem colocar fórmula nenhuma? Essa parte de movimento que vem logo no início do 1º ano. Eu trabalhei essas questões sem colocar fórmula exatamente, sobre esses problemas do dia-a-dia, sabe? Coloquei muitas questões assim para colocar eles para pensar... e muitos conseguiram resolver sem fórmula nenhuma. Eles foram resolvendo sem colocar valores, sem colocar variáveis pra representar o espaço, o tempo etc. E chegaram a uma conclusão sem usar isso aqui. Sem usar velocidade média, percebendo que, qual foi o tempo gasto daqui para ali, com uma velocidade assim? Aí uns chegaram a uma determinada resposta mas outros não, aí eles perguntam: professor não tem uma forma de resolver isso aqui mais rápido? Tem uma forma de resolver mais rápido, mas foram criados dessas titulações. Eu procuro explicar isso para eles, existe uma fórmula por que existi um problema primeiro.

LC - Tinha como você dar um exemplo de uma questão desse exercício que os alunos resolveram sem usar fórmulas?

Prof. III - Foi assim, coloquei uma questão tipo assim: você está construindo uma casa, você percebe que na construção da casa levou tantos dias. Dessa forma você percebe que se levou tantos dias, mas tinham tantas pessoas trabalhando. Então eu uso uma regra de três?

LC – O.k.! Professor, vamos lá. Como é que você resolve este problema? E vamos colocar alguns dados?

Prof. III - Bom, dentro dos problemas que eu coloquei foi isso. Vamos analisar, de repente tu gasta 10 dias, com 2 trabalhadores. Se de repente tu aumentar o número de trabalhadores ou se tu diminuir o número de trabalhadores, o que vai acontecer com o tempo? Aí ele vai perceber, “pô” professor, se tem mais pessoas trabalhando, então vai gastar menos tempo. Aí eu coloco, isso aí é uma grandezas diretamente ou inversamente proporcional? Já expliquei pra eles que quando uma grandeza aumente e a outra diminui, aí são grandezas inversas e quando as duas aumentam ou diminui são grandezas diretas. E isso aqui entra exatamente na questão da velocidade média.

LC - Certo.

Prof. III - Se você tem um espaço fixo e o teu tempo varia, o que vai acontecer com tua velocidade? É isso que eu costumo colocar pra eles, mas sem fórmula, depois eu expliquei aquela situação que eles tentaram resolver... aí vou resolver com eles explicando cada situação, e vou tentar resolver dentro de uma situação física. Aí eu faço eles perceberem que dentro dessa fórmula há algumas deduções. “Pô”, até mesmo utilizando Matemática dentro dessa fórmula, ai eles percebem que o tempo é o mesmo que o espaço dividido pela velocidade e o espaço é o mesmo que a velocidade vezes o tempo, aí aqui oh, diretamente proporcional e eles vão percebendo, vão construindo. Aqui no início eles não tinham fórmula nenhuma. Depois eles vão perceber que tudo isso do início se resolvia por esta fórmula.

LC - Neste caso como você resolveria?

Prof. III - Não é colocado assim a situação pra chegar a um resultado...

LC - Qual era então o resultado que você encontrava?

Prof. III - Como? Pra chegar numa variável digamos assim?

LC - Sim.

Prof. III - Só se eu fosse colocar como uma regra de três.

LC - Sim. Como é que ficaria?

Prof. III - Vou utilizar aqui o que a gente usa com eles lá na 6ª série.

LC – Certo.

Prof. III - Aí ó eles percebem que é inversamente proporcional?

LC - E como é que você mostra que é inversa?

Prof. III - Exatamente pela interpretação deles. Ao analisar, você leva 10 dias com 2 trabalhadores. Se você colocar 4 trabalhadores... o que vai acontecer com o tempo?

LC - Muito bem, continue.

Prof. III - Dentro disso aí tem aqueles macetes que a gente utiliza na 6ª série. Aí você percebe que aumentou uma grandeza para onde, para cima ou pra baixo? Então vamos colocar uma seta assim!

LC - Você coloca a setinha pra baixo?

Prof. III - É, uns colocam assim por um macete que foi ensinado não sei por quem. Coloca a setinha para onde está o x , eu não costumo colocar assim, coloco a setinha pra onde está aumentando.

LC - Sei.

Prof. III - Onde é maior? Aí você faz assim: se a construção leva 10 dias com 2 trabalhadores, aumentando o número de trabalhadores vai diminuir o número de dias. Significa que esse número vai ser menor. Então a setinha vai ficar pra cima.

LC - Entendi.

Prof. III - Né? Aí nós percebemos que aí há uma grandeza inversa. Pelo macete matemático tu troca uma de posição... Na verdade ela é feita dessa forma? No macete de cursinho você coloca desse jeito pra onde está a setinha você coloca uma linha pra selecionar, ai ficaria um x , no caso multiplicaria esses números? Dividido pelo restante.

LC - Estou entendendo

Prof. III - Então utilizo o normal mesmo, inverteria uma.

LC - Ficaria 40 dividido por 2?

Prof. III - 20 sobre 10. Não, não ficaria assim. Seria vezes dois dividido por 4. Coloquei a setinha agora no lugar errado, tenho que inverter uma.

LC - Certo.

Prof. III - Aí aqui 2 sobre 4? Seria isso aqui.

LC - Certo.

Prof. III - Aí a gente resolve proporção? Pode simplificar se quiser ou resolve da forma que tá aí, fica 20 dividido por 4.

LC - Certo. Quando você explica este tópico o que você observa nas aulas de Física?

Prof. III - Eu percebo que a maioria tem uma noção e mais facilidade em resolver os problemas. Aliás, alguns por que a maioria mesmo tem dificuldade pra interpretar isso. A Matemática sempre foi um problema. Se todos eles pegassem uma base na 8ª série... no ensino fundamental, a Matemática no EM seria mais simples.

LC - Na sua opinião, qual ou quais estratégias devem ser postas em prática para que a relação entre a fórmula matemática e o fenômeno físico fique clara para o

alunado?

Prof. III - Que relação?

LC - Sim, que estratégia você acha que seria fundamental para que a relação entre a fórmula matemática e o fenômeno físico fique claro. É que percebi na sua fala que você busca essa relação.

Prof. III - Que estratégia?

LC - Sim.

Prof. III - Seria interessante pra eles que além das aulas eles tivessem algo concreto, que mostre a situação na hora, uma situação de laboratório, por exemplo. Para eles perceberem uma situação de queda livre, vamos supor... do movimento uniforme, mostrando pra eles dentro da realidade para eles relacionarem.

LC - Você já fez essa experiência?

Prof. III - Não, ainda não fiz porque ainda não tive como utilizar o laboratório e fazer alguma experiência.

LC - Está o.k., professor, muito obrigado!

Anexo IV

TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA COM O PROFESSOR IV DA ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO FREI MIGUEL DE BULHÕES (09.06.2008)

Luis Carlos - Qual a sua formação professor?

Prof. IV - Sou licenciado pleno em Matemática pela Universidade Federal do Pará.

LC - Mas você já trabalha com Física já há muitos anos?

Prof. IV - Isso.

LC – Professor, e nas suas aulas de Física, você percebe que os alunos apresentam alguma dificuldade?

Prof. IV - Apresentam! A gente vê que eles estão olhando para o escuro, é difícil fazer eles entenderem de primeiro o que a gente quer que eles entendam. Por que a gente começa com movimento no 1º ano, é uma coisa muito conhecida, mas mesmo assim quando chega na parte de cálculo? Aí parece que você joga eles no escuro, eles ficam perdidos no espaço.

LC - E quais são as principais dificuldades em Matemática que os alunos apresentam?

Prof. IV - É justamente o principal, é o cálculo. Eles não sabem fazer cálculo... Eles não sabem tabuada com perfeição, certo? E não sabem fazer a soma, a subtração, a multiplicação, a divisão, com perfeição eles não tem domínio nessa parte de cálculo. E no final a Física sempre tem um calculozinho e é aí que eles se perdem, eles podem até entender o conceito...

LC - Que cálculo você está se referindo?

Prof. IV - Os cálculos aritméticos, somar, subtrair, multiplicar dividir, eles não sabem, eles não sabem tabuada. Por exemplo, quando aparecem 2^2 eles não sabem que é 4. Quer dizer eles já viram. Falta prática, por que Matemática é prática, tem que ter a parte prática, tem que exercitar. Matemática tem que exercitar, só de eu ver alguém fazer eu não vou aprender.

LC - Certo, que Matemática do ensino fundamental, você revê ou evoca, no sentido de fazer o aluno lembrar, ao trabalhar com velocidade média, a 2ª lei de Newton e densidade?

Prof. IV - Da Matemática?

LC - Isso.

N - Olha, quando eu começo no início do ano, eu faço uma revisão de Matemática. Para lembrar eles que a Física depende de cálculos matemáticos. Então eu faço uma revisão no 1º ano, dou aquela revisão de notação científica, o que é notação

científica? Como é que faz? Como é que desfaz? Como é que se multiplica ou divide números com vírgula, sem vírgula? Por que tudo isso é dificultoso para o aluno? Quando eu entro no movimento uniforme, vai pegar toda essa parte. De jogo de sinal. Que tem que saber.

LC - É verdade.

Prof. IV - Tanto no 1º ano com movimento uniforme como na dinâmica, tem aquela parte de saber quando o corpo está subindo, ele está indo contra a gravidade, então ele está indo no lado negativo. Quando ele está indo a favor da gravidade, ele está positivo. Então tudo envolve Matemática, então a gente acaba lembrando, "Olha isso aqui, é pura Matemática, essa ideia é Matemática, por que está negativo? Por que está positivo? Esse conceito é Matemática.

LC - Entendo.

Prof. IV - Então a gente tenta lembrar sempre, para eles. Eu sempre tento no início do ano fazer essa revisão, eu acho importante. Mas é aquela coisa, você fala que é importante, mas só faz quem quer. Aí o aluno que tu percebe que faz é o aluno que se dá bem. Mas é o que faz realmente, que pratica os exercícios, que resolve os problemas.

LC - Nesta revisão, qual o tópico de Matemática que você considera mais importante?

Prof. IV - Não, de maneira geral eu enfatizo as quatro operações. Porque tanto no 1º como no 2º e 3º ano você vai trabalhar com Matemática e notação científica por que hoje se trabalha muito com notação científica, não só na Física como também na Matemática, como também na Química, eles trabalham muito, porque tem aqueles números muito grandes eles trabalham na forma de notação científica. É muito difícil a questão de andar para direita, de andar pra esquerda, quando o expoente fica negativo, é uma dificuldade muito grande. Então eu dou uma ênfase maior, eu trabalho duas, três semanas com notação, para eles quando verem no futuro saberem trabalhar.

LC - Que Matemática você evocaria para trabalhar com densidade?

Prof. IV - Com densidade? Evocaria razão e proporção. Porque densidade é uma divisão de massa por volume. Quando você trabalha com razão e proporção, você prova pro aluno que a razão e a proporção depende dos valores. Que é... como é que eu poderia dizer...depende dos valores relacionados. Quando você pega a razão de 2 para 4 não, não é isso, não é bem assim... Espera aí, de densidade, não é?

LC - Hum, você pode pegar outro assunto se preferir, não é obrigado se fechar neste, você pode pegar por exemplo velocidade média, gravitação universal, pressão etc.

Prof. IV - Matematicamente? Porque tanto na densidade como na gravitação, tem divisão, tem, multiplicação. Então tem que trabalhar esse conceito. Por que na hora que você vai trabalhar com densidade, você vai fazer uma divisão. Na hora que você vai trabalhar com gravitação universal você vai fazer uma divisão e uma

multiplicação. As operações matemáticas sempre têm que estar evidentes. Tudo que a Matemática faz é só ajudar as disciplinas a resolver seus problemas.

LC - Realmente.

Prof. IV - Na hora que eu vou calcular uma força elétrica entre dois corpos, eu vou fazer uma multiplicação e depois uma divisão. Então pra resolver estes problemas eu preciso de conceitos, conceitos de divisão, de multiplicação, ideias, eu vou precisar.

LC - Essas operações se começa a trabalhar em que série?

Prof. IV - Ah, isso se trabalha na 4ª série.

LC - Como você utiliza essa Matemática pra fazer o aluno entender o fenômeno físico?

Prof. IV - Eu trabalho assim: primeiro eu explico o conceito, porque o mais importante é o aluno entender o conceito.

LC - Que conceito?

Prof. IV - Por exemplo, quando eu vou falar de força elétrica eu vou falar de Lei de Coulomb.

LC - Certo.

Prof. IV - Como é que o Coulomb imaginou aquela situação, que é a força elétrica entre dois corpos. Depende da massa desses corpos e da distância entre eles, isso é o conceito que eles usam.

LC - Entendo.

Prof. IV - Depois que eu explique este conceito eu tenho que transformar em fórmula Matemática.

LC - Isso. Que tópico de Matemática se utiliza pra resolver problemas de gravitação universal e da Lei de Coulomb, por exemplo?

Prof. IV - É a mesma, tanto a Lei de Coulomb quanto a gravitação universal são parecidas. Então depois que explico o conceito e que eles entenderam o conceito... Da massa dos corpos da distância entre eles... Por que é inversa em relação à distância? Por que é direta em relação às massas. Aí, você vai ter que mostrar aquilo matematicamente, certo?

LC - Certo.

Prof. IV - Aí vem uma fórmula, você vai traduzir aquele conceito físico em fórmula matemática, em cálculo. Aí você vai explicar porque que as massas se multiplicam...

LC - E por que elas se multiplicam?

Prof. IV - Porque quanto maior a massa, maior a força. Então elas são diretamente

proporcionais, as suas massas, aí é uma multiplicação, por que é direta e dividida pela distância. Por que é dividida pela distância ao quadrado? Porque a distância também é inversa, quando você aumenta a distância, diminui a força, quando você diminui a distância aumenta a força.

LC - Mais uma vez a Matemática.

Prof. IV - Isso aí, você tem que mostrar que aquilo é Matemática. A questão do conceito de diretamente proporcional e de inversamente proporcional, mostrar por que na fórmula é daquele jeito. Mostrar por que é d^2 ? Por que a questão do direto e do inverso? Quando você faz o inverso você faz ao quadrado que é pra mostrar pra eles, que quando você está aumentando uma coisa, a outra tende a diminuir.

LC - Isso seria que Matemática do ensino fundamental?

Prof. IV - Isso é a parte da 7ª série que é a parte de razão e proporção. Que depois vem o conceito de proporcionalidade, do que é uma razão diretamente proporcional, uma razão inversamente proporcional...

LC - De que forma você apresenta esse tópico de Matemática para os alunos?

Prof. IV - Eu primeiro falo o conceito físico. Depois você lembra do conceito matemático, do que é diretamente e inversamente proporcional, certo? Pra depois mostrar a fórmula.

LC - E você pega a fórmula do livro?

Prof. IV – Isso, o que está no livro.

LC - E qual é o livro que você utiliza?

Prof. IV - Eu uso mais o do Bonjorno, mas tem outros livros que eu não consigo lembrar o nome agora. Sempre leio outros livros pra pegar a ideia de outros autores, ver se facilita mais a linguagem. Porque a gente tem que falar a linguagem que os alunos entendam, a gente não pode fugir da linguagem popular, eles têm que entender o que você está falando, se não vai ficar complicado. O assunto já é complicado por si só, e se você falar complicado...

LC - Não, é, concordo. Então você explica primeiro o fenômeno físico...

Prof. IV - Depois que eles entenderam conceitualmente o que acontece aí eu vou falar... vou ter a fórmula... vou pegar a fórmula por infelizmente na Física, tem isso... tem o conceito físico e depois tem a fórmula, que geralmente é feita em cima do conceito, certo?

LC - Certo.

Prof. IV - Como é que eles conseguiram chegar naquela fórmula? Por que a densidade é a massa dividida pelo volume? Por causa do conceito de densidade. Densidade é a razão entre a massa e o volume de um corpo. Então a fórmula está aí, a densidade é igual à massa sobre o volume, razão.

LC - Entendi.

Prof. IV - Aí eu vou ter que explicar o que é razão. Razão é uma divisão entre duas grandezas, no caso entre a massa e o volume. Então eu estou explicando matematicamente o conceito físico. Por que a fórmula é $d=m/v$? Por que a densidade é a massa desse corpo pelo seu volume, tem que ter esses comentários.

LC: Uh-hum.

Prof. IV - Se aparecer outros maiores se aprofundar, mas isso não acontece. Tem coisa na matemática quando o aluno aprende, ele não lembra mais o conceito, como por exemplo quando você fala de razão; O que é razão? Para eles quando você faz uma coisa certa, você está na razão. Mas para o matemático, o que é uma razão? É uma divisão entre duas grandezas, entre duas variáveis. Quando eu divido a por b, eu falo a razão de a pra b. Esse é um conceito matemático. Na Física o que é que eu vou dizer? A razão entre a massa e o volume de um corpo é a densidade desse corpo, certo?

LC - Certo. Como... vou voltar novamente a esta questão, por que ela é muito importante pra mim. Como você faz a relação entre a Matemática e o fenômeno físico?

Prof. IV – Bom, a Matemática vai te ajudar a entender o fenômeno físico...

LC - Ajudar como?

Prof. IV - Por exemplo, quando você fala de movimento. Envolve grandezas tempo e espaço. Então quando você fala de tempo, você fala de valores, de números porque vai ter uma posição final e uma posição inicial.

LC - A Matemática começa a aparecer normalmente. Como é que você faz esses cálculos?

Prof. IV - Depois que eles entenderam o conceito de movimento, de referencial, que não existe referencial absoluto, aí eu mostro para eles a fórmula. É por que quando a gente fala de velocidade, é a razão entre o espaço e o tempo.

LC - Na sua opinião qual ou quais estratégias devem ser postas em prática para que a relação entre a fórmula matemática e o fenômeno físico fique clara para o alunado?

Prof. IV - Olha, Luis, eu acho que é ter muita paciência e muito tempo, que a gente não tem, porque as aulas são muito curtas. E paciência pra fazer com que eles percebam que existe uma relação entre o fenômeno físico e a fórmula matemática. Aí o que seria bom que o professor tivesse tempo, muito tempo, pra trabalhar esses conceitos é rápido que acaba a aula, você tem que dar em dois meses toda a parte de movimento. Então às vezes a gente acaba pecando por falta de tempo de se dedicar mais às aulas, com a caderneta, com o conteúdo programático, de fazer cursos. Então a minha proposta é que o professor tenha tempo de trabalhar essa relação entre a fórmula e o fenômeno físico.

LC - Obrigado, professor.

Anexo V

TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA COM O PROFESSOR V DA ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO FREI MIGUEL DE BULHÕES (15.06.2008)

Luis Carlos - Qual é a sua formação professor?

Prof. V - Sou bacharel em Contabilidade e licenciado em Matemática.

LC - Você trabalha com Física no Ensino Médio?

Prof. V- Sim, trabalho mais com o 1º ano.

LC - Em suas aulas de Física você percebe se os alunos apresentam alguma dificuldade?

Prof. V- Percebo! Principalmente... Por que eu trabalho só com o 1º ano, mas na área da Matemática mesmo. É... geralmente eles têm dificuldades com os problemas. Aí a gente fica revisando aqueles tópicos de Matemática... É... Cálculos, com números decimais é que eles têm mais dificuldades. Já dei aula pro 2º ano, mas acho que no 1º a dificuldade é maior.

LC - Além desse que você citou, existe algum outro tópico de Matemática que seria necessário para a compreensão dos fenômenos físicos e que eles apresentam dificuldades?

Prof. V - Não, é justamente o que eu acabo de falar, principalmente operações com números decimais.

LC - Muito bem. Então as frações e as vírgulas são os maiores problemas?

Prof. V - Exatamente, aí eu passo duas semanas fazendo revisão disso, para que os alunos possam melhorar um pouco.

LC - Mas existe algum outro tópico de Matemática que você considera fundamental para se trabalhar com Física no 1º ano do EM?

Prof. V- Para mim é o raciocínio mesmo que eles não têm. Eles não conseguem interpretar, aí está na área de Português.

LC - Eu falo dentro da área da Matemática.

Prof. V - Da Matemática para mim é o que eu te falei antes, a parte das operações com números decimais.

LC - Para você, este tópico é fundamental?

Prof. V - Com certeza, eu trabalho há muitos anos e tenho visto a mesma coisa todos os anos. Só que vamos supor, isso é para ser dado na 6ª série em Matemática. Só que a gente não consegue dar, os alunos não conseguem

acompanhar as operações que é dado dentro do conjunto Q , mas eles não conseguem raciocinar.

LC - Então a Matemática do ensino fundamental que você evoca é somente essa?

Prof.V- A princípio sim, na minha visão sim.

LC - A princípio, mas existem outros?

Prof. V - Existe a própria interpretação dos problemas...

LC - Não, dentro da Matemática mesmo!

Prof. V - Ah, dentro da Matemática mesmo? Não, para mim são os números decimais.

LC - Professor, então que Matemática do ensino fundamental você revê/evoca, seja faz o aluno lembrar, ao trabalhar com a velocidade média, a 2ª Lei de Newton e a densidade?

Prof. V - Deixa me ver... especificar melhor... eu acredito na parte dessas operações em si.

LC - Que operações?

Prof. V - As quatro operações, os números decimais...

LC – Professor, vamos pegar um exemplo. Que tal velocidade média? Se você quiser pegar outro exemplo fica a seu critério! Que Matemática do ensino fundamental a senhor evocaria para ensinar velocidade média?

Prof. V - Isso envolve variáveis. Você acha que seria equações?

LC - Envolve variáveis? Que variáveis?

Prof. V - Olha, por que veja bem: as equações do 1º grau envolve variáveis, não é isso? E aí já começa a dificuldade. Só que pra velocidade que envolve variáveis de espaço, tempo... tu acha que seria a parte de geometria?

LC - O que eu quero saber é exatamente que Matemática o senhor evoca durante suas aulas?

Prof. V - Por que pra mim é mais essa parte de problemas. Por que na parte da Matemática tem problemas de 1º grau e problemas de 2º grau. Então como a Física trata de problemas ela tem que fazer a contextualização também.

LC - Só abrindo um parêntese:Você também trabalha com Matemática do ensino fundamental?

Prof. V - Sim, trabalho.

LC - Muito bem, você falou ainda pouco que velocidade média envolve variáveis, a senhor poderia explicar melhor o que entende por variáveis?

Prof. V - Eu não falo, por que as variáveis... o espaço e o tempo... não tem tempo inicial, e tempo final? Não tem espaço inicial e espaço final? Então por que isso acontece? Tem aluno que não entende! Mesmo tirando do texto, ele começa a dar uma lida, mas não sabe interpretar. Aí ele começa a dizer: O espaço e o tempo, mais aonde é que está isso? Aí ele começa a igualar com a Matemática... é isso aqui? O que é uma variável? Eu não sei o que é? Ele mesmo começa a se indagar.

LC - Neste caso, que atitude o senhor toma?

Prof. V - Eu? Como eu te disse antes, começo mostrando essa parte de Matemática... mostrando o que é um tempo inicial e tempo final etc. mostrando que a variação se obtém pela subtração... aí quando a gente entra na parte de velocidade, aí eu começo a ver a parte de trajetória... de corpo extenso... de ponto material... explico tudo essa parte depois a gente entra em velocidade média.

LC - O senhor pega exemplos do livro ou cria seus próprios exemplos?

Prof. V - Eu pego exemplos do livro e até na própria sala de aula, eu começo a mostrar para eles, por exemplo, a trajetória que eles fazem da casa para a escola... o trajeto dentro da própria escola... o espaço percorrido, entende?

LC - Entendo.

Prof. V - O tempo gasto com o recreio. Tudo isso eu mostro para eles.

LC - Como é que o senhor faz isso?

Prof. V - Por exemplo, quanto tempo você gasta da sua casa pra escola? Digamos que você tenha que parar para esperar um colega, que tempo você gastou? Então a gente começa a envolver dessa forma para que eles possam ter uma visualização melhor.

LC - O senhor poderia dar um exemplo com dados ou variáveis?

Prof. V - Seria mais ou menos assim: Se a casa dele fica a 5km. Se ele gasta 1h, ele vai ter uma determinada velocidade. Se gasta 2h, o que acontece com a velocidade? Ela pode aumentar ou diminuir?

LC - Certo.

Prof. V - Ele pode vir com uma velocidade de 80km/h, ele vai gastar um tempo, mas se vem com uma velocidade de 110km/h? Tudo isso é muito relativo também depende da estrada...

LC - Então veja só! Se ele vem com uma velocidade de 80km/h, ele vai gastar um tempo. Mas se vem com uma velocidade de 110km/h, ele vai gastar um outro tempo, maior ou menor?

Prof. V - Menor?

LC - Menor! Então em sua opinião que relação matemática do ensino fundamental esta envolvida nesse problema?

Prof. V - Espaço, tempo?

LC - Espaço, tempo!

Prof. V - Isso.

LC - Estou me referindo a este contraste entre velocidade e tempo, de que, quando se aumenta a velocidade para se fazer um percurso o tempo de viagem diminui.

Prof. V - Ah tá! Isso seria razão e proporção.

LC - Em que série do ensino fundamental se vê este conteúdo de Matemática?

Prof. V - Ah! Isso se vê na 6ª série!

LC - O senhor consegue enxergar alguma relação entre este conteúdo de Matemática e este problema de velocidade média?

Prof. V - Com certeza!

LC - E o senhor evoca este tópico, durante suas aulas de velocidade média?

Prof. V - Não, eu não falo diretamente em razão e proporção. Até por que quando a gente começa a falar, eles reclamam logo. Há por que a gente não viu isto, não sei o quê! Eles têm a mania de falar isso. Então eu não falo diretamente em razão e proporção... eu mostro logo esta parte de trajetória de espaço... eu mostro logo isso.

LC - Certo, mas o senhor discute essa relação de proporcionalidade com eles?

Prof. V - Com certeza, para chegar onde eu quero.

LC - E depois que você explica essas definições, qual o próximo passo?

Prof. V - Eu vou para os problemas escritos. Aí eu mostro os problemas, começo a desenvolver com eles... Depois que eu dou um tempo para que eles possam...

LC - Esses problemas escritos são o senhor que formula ou pega do livro?

Prof. V - Eu pego do livro, outros eu formulo.

LC - Que livro o senhor utiliza?

Prof. V - Eu utilizo o livro do Ricardo Cotrin. Utilizo também o Bonjorno, os outros eu não lembro agora por que são 4 autores que eu uso.

LC - Me explique como o senhor faz na hora de resolver os problemas com eles passo a passo?

Prof. V - Bom, eu mostro a fórmula e digo vocês vão utilizar essa fórmula e mostro o problema e nem assim eles compreendem direito. Então eles têm que interpretar, entender para poder desenvolver.

LC - Na sua opinião qual(is) estratégia(s) de ensino deve(m) ser posta(s) em prática

para que a relação entre a fórmula matemática e o fenômeno fique claro para o alunado?

Prof. V - Acredito que eles têm que conhecer essa parte de razão e proporção, por que para fazer vestibular são muitas fórmulas, eles podem esquecer. Eles têm que aprender a desenvolver. O que acontece às vezes, quando a gente vai mostrar uma fórmula, a gente procura fazer uma demonstração.

LC - O senhor falou em razão e proporção. Você explica esses conteúdos antes ou durante suas aulas de Física?

Prof. V - Não, nunca. No momento que eu estou trabalhando eu falo: Olha isso aqui a gente vê lá na 6ª série. E eles dizem logo: Ah, professor mais faz tanto tempo.

LC - E o senhor volta para explicar.

Prof. V - Não, não às vezes eu até falo assim: Olha, eu sou professor de Física e também de Matemática, mas fica difícil voltar pelo fator tempo, mas às vezes eu volto, quando tem tempo para explicar.

LC - E como o senhor faz essa revisão?

Prof. V - Eu pego um problema de regra de três.

LC - E como o senhor resolve este problema?

Prof. V - Da forma como mostra nos livros de 6ª série.

LC - Como o senhor mostra a relação diretamente ou inversamente proporcional num problema de regra de três.

Prof. V - Uso as setinhas para mostrar essa relação. É que trabalho com Física só há três anos. Minha formação mesmo é em Matemática.

LC - Bom, mas o que você percebe depois dessa revisão?

Prof. V - Até que ajuda. Às vezes, assim... parece que as coisas começam a caminhar melhor.

LC - O.k., obrigado.

Anexo VI

CONTEÚDO DO PRIMEIRO ANO DE FÍSICA REV. BRAS. ENS. FIS. SÃO PAULO, V. 26, N. 2, 2004

Dedução: Einstein (1905)

$$E = mc^2$$

É apresentada aqui a dedução original de Einstein, numa forma adaptada por Villani (9). Considera-se um referencial inercial S onde um corpo B , em repouso, emite luz e portanto perde a energia Q . Após a emissão de radiação o corpo continua em repouso. Pela conservação da energia deve-se ter

$$E_1 = E_2 + Q. \quad (9)$$

onde E_1 é a energia total de B antes da emissão de radiação e E_2 é a energia total do corpo depois da emissão. Um exemplo atual dessa experiência imaginada por Einstein é o decaimento do pión neutro (10). Considerando um segundo referencial S' , cuja origem se movimenta com velocidade v ao longo do eixo x de S , tem-se analogamente

$$E'_1 = E'_2 + Q' \quad (10)$$

onde E'_1 , E'_2 , e Q' são as quantidades correspondentes. Subtraindo as equações (9) e (10), encontra-se:

$$(E'_1 - E_1) = (E'_2 - E_2) + (Q' - Q) \quad (11)$$

Einstein interpretou $E'_1 - E_1$ da seguinte forma[3]: “ E'_1 e E_1 são valores da energia do mesmo corpo, considerados a partir de dois sistemas de coordenadas que entre si têm movimento relativo; encontrando-se o corpo em repouso num dos sistemas (sistema S). É então claro que a diferença $E'_1 - E_1$ só pode diferir da energia cinética do corpo, considerada em relação ao outro sistema (sistema S'), por uma constante aditiva C , que depende da escolha das constantes aditivas arbitrárias das energias E'_1 e E_1 . Portanto, pode-se colocar

$$E'_1 - E_1 = K_1 + C. \quad (12)$$

e também,

$$E'_2 - E_2 = K_2 + C \quad (13)$$

Levando-se (12) e (13) em (11), tem-se que

$$K_1 - K_2 = Q' - Q. \quad (14)$$

Conhecendo-se as leis de transformação da energia de uma onda eletromagnética quando se passa de um sistema de coordenadas para outro, é possível mostrar que a relação entre Q' e Q é

$$Q' = \frac{Q}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (15)$$

de forma que a equação (14) torna-se

$$K_1 - K_2 = Q \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right] \quad (16)$$

Conclui-se imediatamente que a energia cinética do corpo diminui depois da emissão de luz, embora a sua velocidade continue igual a v (do ponto de vista de S).

Como Q é constante, pode-se determinar o seu valor tomando, por exemplo, o limite em que $\frac{v}{c} \ll 1$. Nesse caso, é válida a expansão binomial $(1 + x)^n = 1 + nx$ para $|x|$ pequeno, de modo que

$$K_1 - K_2 = \Delta m \frac{v^2}{2} = \frac{Q}{c^2} \cdot \frac{v^2}{2}, \quad (17)$$

sendo Δm a variação de massa sofrida pelo corpo. Portanto,

$$\Delta m = \frac{Q}{c^2}, \quad (18)$$

ou seja, a quantidade de energia $Q = \Delta m c^2$ corresponde a um equivalente desaparecimento de uma fração Δm da massa de repouso do corpo.

Assim, Einstein concluiu que (3): "A massa de um corpo é uma medida do seu conteúdo energético; se a energia sofrer uma variação igual a Q , a sua massa sofrerá, no mesmo sentido, uma variação igual a $\frac{Q}{9 \cdot 10^{20}}$, se a energia for medida em ergs e a massa em gramas". Isto é, pode-se dizer que

$$E = mc^2 \quad (19)$$

e, então, se ocorrer uma variação na energia do corpo, ocorrerá também uma variação em sua massa:

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

Anexo VII

CONTEÚDO DO PRIMEIRO ANO DE FÍSICA

Universidade Federal do Pará
Processo Seletivo Especial - Matemática à Distância
Conteúdo de Física - (1ª série)

Unidade I: Iniciação à Física

1 Introdução

1.1 O que estuda a Física

1.2 Ramos da Física

1.3 Potências de dez

2 Algarismos significativos

2.1 Grandezas físicas - medidas

2.2 Sistema de unidades em Física

2.3 Equações dimensionais

2.4 Operações com algarismos significativos

3 Funções e gráficos

3.1 Proporção direta

3.2 Variação linear

3.3 Variação com o quadrado e com o cubo

3.4 Proporção inversa

Unidade II: Cinemática

1 Noções de movimento

1.1 Referencial

1.2 Repouso e movimento

1.3 Trajetória

1.4 Deslocamento e distância percorrida

2 Movimentos retilíneos

2.1 Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

2.3 Velocidade instantânea e velocidade média

2.3 Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

2.4 Queda livre

3 Vetores - movimentos curvilíneos

3.1 Grandezas escalares e vetoriais

3.2 Operações com vetores

3.3 Vetor velocidade e vetor aceleração

3.4 Movimento Circular Uniforme (MCU)

3.5 Composição de velocidades

Unidade III: Dinâmica

1 1ª e 3ª Leis de Newton

1.1 Força

1.2 A 1ª Lei de Newton

- 1.3 Equilíbrio de uma partícula
- 1.4 A 3ª Lei de Newton
- 1.5 Forças de atrito
- 1.6 Momento de uma força
- 1.7 Equilíbrio de um corpo rígido
- 2 2ª Lei de Newton
 - 2.1 A 2ª Lei de Newton
 - 2.2 Massa e peso
 - 2.3 Aplicações da 2ª Lei de Newton
 - 2.4 Força de reação normal
 - 2.5 Plano inclinado
 - 2.6 Queda dos corpos com resistência do ar
 - 2.7 Forças no movimento circular
- 3 Gravitação universal
 - 3.1 Leis de Kepler
 - 3.2 Leis de Newton para a gravitação universal
 - 3.3 Movimento de satélites
 - 3.4 Variações da aceleração da gravidade