

João Paulo Mannrich

**LINGUAGEM MATEMÁTICA, FÍSICA E ENSINO: COMO
LICENCIANDOS DISCUTEM ESSA RELAÇÃO**

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

Orientador: Prof. Dr. Henrique
César da Silva

**Florianópolis
2014**

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

Mannrich, João Paulo

Linguagem matemática, física e ensino: Como licenciandos discutem essa relação / João Paulo Mannrich; orientador, Henrique César da Silva - Florianópolis, SC, 2014.

258 p.

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

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Linguagem Matemática. 3. Ensino de Física. 4. Licenciatura em Física. 5. Thomas Kuhn. I. César da Silva, Henrique. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.



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

**“Linguagem Matemática, Física e Ensino: Como
Licenciandos Discutem essa Relação”**

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

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 16 de abril de 2014

Henrique César da Silva (Orientador - PPGECT/UFSC)

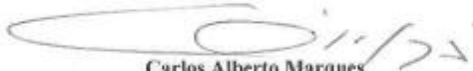
Ivã Gurgel (Examinador - USP)

Márcio Santos (Examinador - FSC/UFSC)

José de Pinho Alves Filho (Examinador - CFM/UFSC)

Ana Raquel Pereira de Ataíde (Suplente - UEPB)

Sonia Maria Silva Correa de Souza Cruz (Suplente - UFSC)


Carlos Alberto Marques
Coordenador do PPGECT

João Paulo Mannrich
Florianópolis, Santa Catarina, 2014.

Dedico esse trabalho aos meus pais. Sem vocês nada disso seria possível!

AGRADECIMENTOS

São muitas as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho, e tentarei lembrá-las e agradecê-las nesse momento!

Aos meus pais Alcides (in memoriam) e Guiomar pela forma exemplar que criaram seus filhos e pelo incentivo a estudar. Suas mensagens sempre foram claras: “estude filho pois o conhecimento é a coisa mais preciosa que você pode ter!” Como disse Ledesma, “querer bem a um filho não significa obrigá-lo a viver com as nossas verdades. Querer bem a um filho significa apenas ajudá-lo a crescer sem as nossas mentiras”.

Ao professor Henrique por ter se disposto a me orientar me ajudando a encontrar os caminhos que me fizeram chegar até aqui. Agradeço pela paciência e pela forma como conduziu as orientações. Aprendi muito com nossas conversas.

Ao professor Pinho pelo compartilhamento de sua vasta experiência no Ensino de Física durante graduação, mestrado e qualificação. Muitas delas contribuíram muito para a construção dessa dissertação!

Ao professor Ivã Gurgel pelos apontamentos realizados na qualificação, que me fizeram não só deixar alguns pontos mais claros, também me auxiliaram compreender melhor o tema da pesquisa.

Ao professor Márcio Santos, por se dispor a participar da defesa e da elaboração dessa dissertação compartilhando assim das reflexões aqui apresentadas.

As professoras Sonia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz e Ana Raquel Pereira de Ataíde por se disponibilizarem a participar da banca de defesa.

Ao amigos do Parque Viva Ciência e do Baú de Ciências, especialmente ao prof. Nelson Canzian, Osvaldo Vieira Jr, Thiago Farias e Vilmar Minella Jr. Participar desses projetos com vocês foi umas das principais motivações para a realização desse mestrado. Além é claro de contribuírem muito com diversas reflexões relacionadas à educação científica.

A Rafaela Samagaia por ter dispendido tempo para me auxiliar na elaboração do projeto de mestrado.

A todos os amigos e colegas do Laboratório de Novas Tecnologias (LANTEC), com quem tive a oportunidade de aprender muito sobre a

modalidade de ensino a distância. Especialmente a Elizandro M. Brick por me dar a oportunidade de participar dessa equipe.

Aos alunos do curso de Licenciatura em Física a Distância por se pré-disporem a participar dessa pesquisa.

“...Eu posso ser um Beatle, um beatnik, ou um bitolado. Mas eu não sou ator, eu não tô à toa do teu lado...” Aline. Agradeço você pela paciência e compreensão com que administrou esse período de nossas vidas, pelo apoio e incentivo durante toda a caminhada que proporcionou a elaboração dessa dissertação, fundamentais para a concretização dela.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica responsáveis pela oportunidade a mim dada.

Aos colegas da turma de mestrado de 2012 que contribuíram para a elaboração do projeto com seus questionamentos, críticas e sugestões.

Ao povo brasileiro que de forma consciente ou não financiou o desenvolvimento desse projeto por meio de uma bolsa CAPES.

Muito obrigado a todos!

Essa questão última aí foi uma das nossas maiores discussões, porque, por exemplo, para alguns de nós a física não sobrevive sem a matemática, por exemplo. [...] a gente entrou numa discussão enorme e não conseguiu chegar a um consenso com relação a isso.

(L2 – VC –
Metodologia)

[...] é meio perturbador a gente ter uma constante dentro de uma equação e não tratada de onde que ela veio, o que que ela significa [...].

(L3 – VC – Metodologia).

[...] a própria compreensão do fenômeno nos parece que vai ficar comprometida quando a gente retira completamente a matemática, a equação, e trata só o conceito; e também a gente perderia a oportunidade de aproximar, mesmo que de forma superficial, o aluno das ferramentas utilizadas para a construção desse conhecimento.

(L3 – VC – Metodologia)

[...] mas após eu vejo assim, que não tem como deixar a Matemática, você não consegue. Então [...] você vai [...] ter que dar uma aplicação real [...]. [...] qual a função da matemática? Realmente é preparar para a área das exatas de forma que tenha aplicação.

(L9 – VC – Metodologia).

RESUMO

Um dos problemas relacionados ao Ensino da Física está no fato dela ser estruturada por meio da linguagem matemática, mas esse aspecto parece ser pouco explorado explicitamente em aulas de Física. Muitas vezes o Ensino de Física, em especial do ensino básico, se resume a práticas relacionadas a apresentação de conceitos, leis e fórmulas privilegiando o operativismo matemático com pouco espaço para a significação do ponto de vista físico, ou mesmo para discussões sobre o própria maneira física de dar sentido ao mundo. Nesse contexto, partindo do pressuposto de que muitas vezes a Matemática é vista como uma simples ferramenta da Física tivemos como objetivo investigar como diferentes posicionamentos em relação ao papel da Matemática no Ensino de Física poderiam se constituir em situações de reflexão de licenciandos. Para isso desenvolvemos atividades dentro de um tópico de ensino em uma disciplina de Metodologia e Prática do Ensino de Física da 7ª fase de um curso de Licenciatura em Física na modalidade a distância onde os licenciandos foram levados a discutir sobre o tema “Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física” a partir de artigos da literatura da área de pesquisa em Ensino de Física. Foram analisadas duas atividades desenvolvidas: a primeira consistiu em duas situações fictícias de sala de aula elaboradas pela equipe docente, analisadas e apresentadas em uma videoconferência pelos licenciandos; a segunda consistiu em discussões desenvolvidas por meio de um fórum no ambiente virtual da disciplina, que contou com a participação de 18 licenciandos. Para compreender as reflexões dos licenciandos, nos aportamos teoricamente na noção de Matemática como linguagem estruturante da Física, especialmente da diferenciação entre habilidades técnicas e estruturais discriminadas em categorias por Karam (2012). Também buscamos uma compreensão sobre a forma como a linguagem matemática está presente na formação de físicos nas ideias de Thomas Kuhn, o que nos proporcionou refletir sobre possíveis motivos pelos quais muitas vezes a Matemática é vista como um simples instrumento dos físicos. Nossas análises apontam para diferentes e importantes aspectos do contexto que levaram os licenciandos a refletirem sobre o tema, como influências de discussões provenientes de outras disciplinas do curso e também de outros temas da disciplina de Metodologia. Alguns resultados indicam que apesar dos licenciandos serem unânimes em argumentar que a Matemática deva estar presente no Ensino de Física no nível básico, o

mesmo não ocorre nas justificativas para tal processo. Também apontam para a força que a tradição de uma formação paradigmática pode ter quando os licenciandos são solicitados a pensar de uma maneira diferente sobre a presença da Matemática no ensino na Física, especialmente no que diz respeito a resolução de problemas.

Palavras-chave: Linguagem Matemática. Ensino de Física. Formação de Professores. Caráter Estruturante. Licenciatura em Física. Exemplares. Thomas Kuhn

ABSTRACT

One of the problems related to the physics teaching is the fact that it is structured by means of mathematical language, but this aspect seems to be little explicitly explored in physics classes. Often the Physics Teaching comes down to related practices presentation of concepts, laws and mathematical formulas favoring the operativism with little room for the significance of the physical point of view, or even discussions about own physical way to make sense of the world. In this context, on the assumption that mathematics is often seen as a simple tool of physics, we aimed to investigate how different positions regarding the role of Mathematics in Physics Teaching could be in situations of reflection undergraduates. For this we developed activities within a topic of teaching in a discipline Methodology and Practice of Teaching Physics 7th stage of a Bachelor's Degree in Physics in the distance where undergraduates were led to discuss the theme "Problem Solving and the role of Mathematics in Physics and Physics Education" from articles the literature search in the area of Physical Education. The activities consisted in developing an analysis of fictional classroom situations presented in a videoconference by undergraduates and also in discussions developed through a forum in the virtual environment of discipline, which included the participation of 18 undergraduates. To understand the reflections of undergraduates, theoretically we bring in the notion of mathematics as a structural language of Physics, especially the distinction between technical and organizational skills differentiated into categories by Karam (2012). We also seek an understanding of how mathematical language is present in the physical training of the ideas of Thomas Kuhn , which afforded us reflect on possible reasons why mathematics is often seen as a mere tool of physicists. Our analyzes point to different and important aspects of the context that led graduates to reflect on the theme, such as discussions of influences from other disciplines of the course as well as other topics of discipline Methodology. Some results indicate that although undergraduates are unanimous in arguing that mathematics should be present in the Teaching of Physics at the high school, it does not occur in the justifications for such a process. Also point to the strength that the tradition of a paradigmatic training can have when undergraduates are asked to think differently about the presence of mathematics teaching in physics, especially with regard to problem solving.

Keywords: Mathematical Language. Physics Teaching. Teacher Training. Structuring character. Degree in Physics. Exemplar. Thomas Kuhn

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema representando a tríade semiótica (BONIOLO; BUDINICH, 2005, p. 79, tradução nossa).	33
Figura 2 - Síntese dos problemas relacionados em considerar separadamente os signos físico-matemáticos (F-M) (KARAM, 2012, p. 28).	35
Figura 3 - Gráfico para uma equação linear do tipo $y = k \times x$ com $k > 0$ e $x \geq 0$	57
Figura 4 – Equação do segundo grau do tipo $y = c + bx - ax^2$ para $a < 0$. ..58	
Figura 5 – Processo de modelagem segundo Stewart (2006, p. 25).	60
Figura 6 - Modelo proposto por Uhden et al. (2011, p. 499).	61
Figura 7 – Duas abordagens didáticas distintas para a dedução da equação da queda livre (KARAM, 2012, p. 65).	64
Figura 8 – Processo de modelização proposto por Uhden et al. (2011, p. 499) levando em consideração as imbricadas relações entra a Matemática e a Física.	77
Figura 9 – Diagrama de forças do problema proposto.	80
Figura 10 – Modelos matemáticos desenvolvidos com o software Modellus para a construção do gráfico da Figura 8.	83
Figura 11 – Raio de curvatura em função da velocidade para determinado carro para diferentes valores de b em kg / m	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo das principais ideias dos trabalhos analisados por Karam (2012).	45
Quadro 2 - Resumo das principais ideias dos trabalhos nacionais analisados por Ataíde (2012).	46
Quadro 3 - Resumo das principais ideias dos trabalhos internacionais analisados por Ataíde (2012).	48
Quadro 4 - Resumo das categorias analisadas por Karam (2012).	65
Quadro 5 - Resumo das justificativas apresentadas pelo professor analisado para as categorias.	67
Quadro 6 – Tópicos e temas desenvolvidos na disciplina de Metodologia. Os temas do tópico I que foram objeto de estudo da disciplina estão em negrito. ..	93
Quadro 7 – Situação fictícia 1 que foi analisada pelos licenciandos na VC.	97
Quadro 8 – Síntese dos tópicos e atividades desenvolvidas na disciplina de Metodologia.	99
Quadro 9 - Situação fictícia 2.	111
Quadro 10 – Descrição das categorias encontradas em nossa análise. As categorias “Analogia Material – Atividade Prática” e “História da Ciência” são categorias que emergiram unicamente da análise das falas dos licenciandos. As demais categorias foram encontradas com base nas propostas por Karam (2012).	116
Quadro 11 - Comparação entre as categorias analisadas por Karam (2012) e as categorias analisadas nessa pesquisa. As linhas marcadas com X correspondem a mesma categoria encontrada. O duplo traço “--” indica que a categoria proposta por Karam (2012) não foi encontrada em nossa análise.	202

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de trabalhos divididos por categorias.	45
Tabela 2 – Síntese das atividades desenvolvidas sobre RPMF.	104
Tabela 3 – Síntese das atividades desenvolvidas sobre RPMF.	188

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Sigla	Nome
EF	Ensino de Física
EM	Ensino médio
INSPE A	Instrumentação para o Ensino de Física A
MIT	Massachusetts Institute of Technology
RPMF	Resolução de problemas e o papel da Matemática na Física e no Ensino de Física
VC	Videoconferência

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	23
CAPÍTULO I - RELAÇÕES ENTRE A MATEMÁTICA E A FÍSICA: UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA E EPISTEMOLÓGICA	32
1.1 ASPECTOS HISTÓRICOS E EPISTEMOLÓGICOS	32
1.2 SÍNTESE DA LITERATURA	43
1.3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	50
CAPÍTULO II - RELAÇÕES ENTRE A MATEMÁTICA E A FÍSICA: UMA PERSPECTIVA DO ENSINO	54
2.1 A MATEMÁTICA COMO LINGUAGEM ESTRUTURANTE DO PENSAMENTO FÍSICO	54
2.1.1 HABILIDADES TÉCNICAS E ESTRUTURAIS	56
2.2 A LINGUAGEM MATEMÁTICA EM UMA PERSPECTIVA KUHNIANA	70
2.3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	75
2.3.1 UM EXEMPLAR	79
CAPÍTULO III - O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	88
3.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS	88
3.2 CONTEXTO GERAL DA PESQUISA	91
3.2.1 ESTRUTURA DE FUNCIONAMENTO DO CURSO	91
3.2.2 DESENVOLVIMENTO DO TÓPICO DE ENSINO ANALISADO	93
3.2.3 AS ATIVIDADES DO TÓPICO DE ENSINO	95
3.2.4 AS LEITURAS OBRIGATÓRIAS	104
3.3 SOBRE A ANÁLISE	109
CAPÍTULO IV – ANÁLISE	111
4.1 A VIDEOCONFERÊNCIA	111
4.1.1 ANÁLISE	117
4.1.2 SÍNTESE	174
4.2 O FÓRUM	186
4.2.2 ANÁLISE	190
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES	201
5.1 ALGUMAS CONCLUSÕES	201
5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS	211
REFERÊNCIAS	216
ANEXOS	225

INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência que se vale da Matemática para compreender a natureza. É comum quando se pensa na Física ou no que os físicos fazem, a lembrança de uma disciplina escolar, seja em nível básico ou em nível superior, como sendo caracterizada por práticas que requerem o uso da Matemática. Embora não seja fácil e nem haja consenso em definir o que a Física é ou definir exatamente o que os Físicos fazem (CHALMERS, 2011), podemos facilmente concordar que os físicos não fazem o que fazem sem a Matemática. Nesse contexto, o papel desempenhado pela Matemática na Física, e conseqüentemente em seu ensino, pode parecer óbvio para alguns, mas não para outros. Muitas vezes a Matemática parece se resumir a uma simples ferramenta geralmente relacionada à prática de dedução de fórmulas e resolução de exercícios, com manipulações matemáticas pouco significativas do ponto de vista da compreensão de uma situação real e dos próprios conceitos físicos envolvidos. Isso acaba contribuindo para o desinteresse de estudantes, pois algumas práticas tradicionais no Ensino de Física (EF) contribuem para que o estudante, curioso, acabe desmotivado ao se deparar tanto com a Física do EM quanto a do Ensino Superior, por ela frequentemente ocorrer mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas de forma desarticulada dos fenômenos, e por isso, envolvidas em situações de pouco significado para ele. Além de mascarar a pertinência da Matemática, o EF especialmente em nível básico pode se resumir a uma prática exclusivamente centrada nela, como apontado por autores como Almeida (2012), e pelos próprios Parâmetros Curriculares Nacionais do EM (BRASIL, 1999).

Associada a práticas dessa natureza, admitir a Matemática como uma simples ferramenta pode contribuir para a crença de que apenas um bom domínio de conhecimentos matemáticos seja garantia de êxito no estudo da Física. Nesse contexto, é comum culpar o fracasso de estudantes de Física, tanto no nível médio quanto superior, quase que exclusivamente à deficiência de conhecimentos de natureza matemática, e logo, a crença de que apenas uma boa bagagem desses conhecimentos resolveria estes problemas. Esta culpabilidade nos indica uma concepção em que a Matemática possuiria um caráter ferramental, um instrumento “externo” que deve ser adquirido em outro lugar ou momento (aulas de matemática) para ser usado pela Física. Esta visão é prejudicial ao ensino dessa disciplina, pois como algumas pesquisas têm mostrado, a falta de domínio de conceitos e técnicas matemáticas é um fator considerável para

previsão do fracasso de alunos em cursos de Física, mas tal domínio não parece se mostrar suficiente na apropriação desse conhecimento (HUDSON; MCINTIRE, 1977; HUDSON; LIBERMAN, 1982 apud KARAM, 2012).

Contraditoriamente a muitas práticas no EF, não raro escutamos definições para a Física como a de Ciência que estuda a natureza por meio da experimentação e observação. Apesar de estes elementos serem componentes intrínsecos ao modo do fazer científico, a crença de que todo o conhecimento se dê a partir destes indica uma concepção empirista ingênua sobre a natureza da Ciência (CHALMERS, 2011). Esta concepção, segundo Peduzzi (2009) ainda amplamente disseminada no mundo acadêmico, pode ser outro fator a contribuir para que se atribua um caráter unicamente ferramental à Matemática, uma vez que nesta concepção, em termos gerais, a observação “pura” seria a fonte primeira para a obtenção do conhecimento científico sobre a natureza. Nesse caso, a Matemática teria em primeira instância um papel descritivo, cuja presença seria até prescindível. Além de ir contra o desenvolvimento de teorias modernas da Física, como a Relatividade e a Mecânica Quântica, ou da própria gênese da Mecânica Newtoniana, reduzindo o papel dessa linguagem no âmbito do conhecimento físico, essa visão já está superada no campo da epistemologia (CHALMERS, 1993; KUHN, 1995; 2011; BUNGE, 1974).

A falta de clareza em relação ao papel da Matemática na Física pode também acabar induzindo ao pensamento de que é natural expressar as leis físicas matematicamente. Esse aspecto pode ser evidenciado por reflexões como a do cientista e filósofo Paul Dirac (1939, p. 1), que chega a afirmar que “não há razão lógica para que isso ocorra”. Ou ainda quando nos voltamos a olhar para a história do desenvolvimento da Física e percebemos que houve um polêmico e tortuoso processo para que a Matemática fosse incorporada como prática legítima dessa forma de conhecimento, tornando-se critério de validade científica (GINGRAS, 2001). Esses aspectos nos concedem outras razões que justificam a necessidade de evidenciar a pertinência do uso da Matemática na Física.

Entretanto não há como negar que uma das principais dificuldades encontradas no EF está relacionada ao uso da Matemática. Além de dificuldades com operações básicas, a pouca clareza do seu papel no contexto da Física também pode contribuir nesse sentido. Embora muitas pesquisas venham se debruçando sobre a questão da linguagem no EF, poucas têm sido desenvolvidas voltadas para analisar mais detalhadamente a questão da Matemática, como apontado por autores como Vizcaino e Terrazzan (2011), Ataíde (2012) e Karam (2012).

Considerando a Matemática como linguagem, Almeida (1999; 2003; 2004; 2013) nos mostra a preocupação em compreender relações entre a linguagem comum (linguagem verbal e escrita) e a linguagem matemática na produção dos saberes científicos e no seu ensino. Para a autora tanto a linguagem comum quanto a linguagem matemática são integrantes, constituintes dos modos do fazer científico, tornando essa relação um importante elemento a ser levado em consideração na formação de professores. Ela ainda argumenta que para pensar o EF na escola, “[...] sem dúvida a linguagem comum deve tomar a dianteira, ainda que não se possa negligenciar o papel da linguagem matemática na construção dessa disciplina [...] (ALMEIDA, 2004, p. 96)”. Uma conclusão importante a ser destacada é o fato de a autora concluir que, se para alguns físicos, o papel da linguagem em seus trabalhos se mostra evidente, “estudos com licenciandos e o meu contato com escolas em seus diferentes níveis têm me apontado que o mesmo não parece ocorrer com quem nela trabalha (ALMEIDA, 2004, p. 117)”. Segundo ela, expectativas de professores e estudantes colocam conhecimentos matemáticos como pré-requisito de quem irá aprender Física, expectativa essa que ela critica argumentando que a Matemática é algo “cujo saber também estará se processando à medida que conteúdos considerados relevantes justifiquem a dedicação ao seu ensino e ao seu aprendizado (ALMEIDA, 2004, p. 117)”.

Em uma perspectiva semelhante, Cardoso e Gurgel (2013), argumentam sobre a complementariedade entre a linguagem verbal, no caso a narrativa, e matemática na construção do conhecimento científico. Segundo os autores, a narrativa se justifica especialmente pela presença de um enredo, sem o qual o cientista não poderia interpretar e compreender os comportamentos da natureza, e “tornar suas ideias inteligíveis e possíveis de serem comunicadas aos pares, isto é, torná-las intersubjetivas (p. 3)”, assim como a linguagem matemática o faz. Para eles, as duas linguagens também são constitutivas no processo de construção dos conhecimentos científicos, uma vez que seriam complementares.

Já Pietrocola (2002), preocupado com problemas relacionados a pouca clareza do papel da Matemática no EF traz a ideia de matemática como linguagem estruturante da Física, e argumenta que “admitir que boa parte dos problemas do aprendizado da Física se localiza no domínio da Matemática reflete um posicionamento epistemológico ingênuo - acaba-se por atribuir à segunda função de instrumento da primeira! (p. 91)”. Segundo ele, essa concepção ingênua pode ser verificada em afirmações como “a Física é como a Matemática”, ou “daqui pra frente a Física

acabou, agora é só Matemática”, ou quando analisamos materiais destinados ao ensino dessa disciplina quando escrevem que "a Matemática ajuda a Física, simplificando a compreensão dos fenômenos (p. 94)", pois sugere a existência do mundo dos fenômenos e o mundo em que vivemos, que contém a Física, materiais estes que estão recheados de aplicações de formalismos matemáticos e de exercícios numéricos extraídos das teorias, com pouco espaço para a compreensão do ponto de vista físico, fenomenológico. Ou ainda os próprios exames vestibulares, reforçando esse tipo de operacionalismo.

Pietrocola (2002) argumenta que a relação entre a Matemática e a Física é muito mais complexa. Traçando um paralelo com a linguagem comum e seu caráter estruturante de nosso pensamento, o autor argumenta que a Matemática é uma linguagem estruturante do conhecimento físico, ao invés de ser apenas um simples instrumento descritivo e quantificador. Ou seja, a Matemática seria constitutiva do próprio modo de pensar o mundo, como a linguagem verbal e escrita é para nós humanos. Dessa forma, seria preciso que esse caráter fosse trabalhado de maneira adequada no EF, pois contribuiria para diminuir o posicionamento ingênuo que muitas vezes é propagado, e logo, os problemas relacionados a ele, como argumentado.

Um posicionamento similar ao de Pietrocola (2002) é feito por Silva (2003). Para ela a matematização da Física não seria uma mera tradução da teoria para a Matemática, mas uma etapa integrante do processo de construção da teoria. A Matemática enquanto linguagem para a Física não seria simplesmente estética, pois traz vantagens à construção dos conhecimentos da Física, como a autora afirma:

As vantagens da matematização não se limitam à máxima precisão. Ela aumenta a potência dedutiva da teoria (ou seja, a capacidade de deduzir novos enunciados); permite constatações empíricas mais finas; facilita a identificação de defeitos e inconsistências e a comparação da teoria com outras rivais (SILVA, 2003, p.10)”

No contexto do ensino, o estudo de Silva (2002) realizado em um curso de Licenciatura em Matemática, indica que a Matemática é um obstáculo epistemológico na formação de licenciandos em matemática quando estes estudam situações físicas, e argumenta que professores que ministram disciplinas dessa natureza precisam superar tal obstáculo. Levando em conta que um curso de matemática possui uma sólida

formação neste conhecimento, o trabalho de Silva (2002) corrobora o que já argumentamos, pois nos indica que apenas dominar conhecimentos matemáticos não parece se mostrar garantia de sucesso ao se estudar Física.

Já pensando o EF em nível superior, destacamos o estudo de Ataíde (2012) que aponta para o fato de que o posicionamento epistemológico em relação ao papel da Matemática na Física que estudantes do ensino superior possuem, têm profundas implicações na sua aprendizagem conceitual e na resolução de problemas. Nessa perspectiva a autora defende que os posicionamentos epistemológicos dos licenciandos devem ser trabalhados de forma explícita no EF, especialmente se levarmos em conta que tais posicionamentos serão repassados de forma implícita ou explícita aos seus estudantes durante suas aulas.

Tendo em mente problemas no EF relacionados à presença da Matemática e com base na ideia de Matemática como linguagem estruturante do pensamento físico, alguns autores propõem a distinção entre habilidades técnicas e habilidades estruturais relacionadas a presença dessa linguagem no EF (KARAM; PIETROCOLA, 2009a, 2009b; PIETROCOLA, 2010; UHDEN et al., 2011; KARAM, 2012). De modo geral, estes autores acordam que é preciso trabalhar além do que chamam de habilidades técnicas, trabalhar habilidades estruturais no EF, pois a matemática é mais do que uma ferramenta do físico, é uma linguagem estruturante de seu pensamento, sendo constitutiva do próprio modo de pensar. Assim, argumentam que é preciso encontrar maneiras de mostrar aos estudantes qual o papel desempenhado pela Matemática na Física, uma vez que privar os estudantes dessa interpretação seria, entre outros, propagar uma concepção reducionista sobre a natureza da Física enquanto forma de conhecimento.

À luz da epistemologia de Thomas Kuhn (1922 - 1996) (1995; 2006; 2011), doutor em Física e professor de universidades como Harvard, Princeton e MIT, que, percebendo equívocos em muitas de suas concepções acerca da natureza do conhecimento físico, se debruçou a compreender como a Ciência, especialmente a Física, se desenvolve, discutimos possíveis causas que possam levar a uma concepção para a Matemática como uma mera ferramenta da Física. Para este autor, a resolução de exercícios e problemas de caráter matemático tem função fundamental da formação inicial do físico, uma vez que é a partir deles que o físico será capaz de desenvolver suas pesquisas de maneira autônoma e como parte de uma comunidade que compartilha um paradigma. Porém, a nosso ver, o modo como esta formação se dá,

contraditoriamente, parece camuflar o papel da Matemática na Física, e consequentemente em seu ensino. Especialmente na formação de professores de Física esse fato se torna prejudicial, uma vez que mascara a pertinência da Matemática, e que possivelmente irá refletir nas práticas de ensino que futuros professores priorizam e desenvolvem em suas aulas, tanto no Ensino Superior quanto no Médio. Esta camuflagem poderia contribuir para propagar a visão epistemológica equivocada sobre o papel desempenhado pela Matemática na Física que estudantes dessa disciplina podem desenvolver ao longo de sua formação inicial. Apesar de para Thomas Kuhn, a resolução de exercícios e problemas ter caráter fundamental na formação de físicos, a exclusividade no uso da Matemática na resolução de exercícios e problemas especialmente no Ensino Básico torna-se preocupante, ainda mais quando inseridos em práticas de ensino com pouco espaço para discussão de significados, interpretações. Se estamos preocupados em formar um cidadão autônomo que seja capaz de modificar criticamente o meio em que vive, propiciando conhecimentos que permitam a participação em discussões de caráter científico e suas implicações na sociedade no sentido de uma formação mais ampla, nos parece fundamental a compreensão dos modos do fazer científico. Isso inclui compreender o papel desempenhado pela Matemática na Física. Como bem colocado por Pietrocola (2002, p. 91) “O ensino das ciências no Ensino Médio não pode e não deve, ser visto como um estágio anterior a uma formação científica profissional.” O autor ainda completa que a pouca clareza em relação ao papel da Matemática na Física também é fonte de desmotivação, uma vez que torna o estudo da Física “fardo insuportável para os alunos do Ensino Médio, pois implica em pedir aos mesmos que se submetam ao ensino de algo sem justificativas a priori”. (p. 91).

Portanto, a reflexão por licenciandos sobre o papel da Matemática na Física e no seu ensino, parece-nos ser um elemento importante em sua formação. Desenvolver práticas que propiciem reflexões adequadas, problematizações e significações sobre essa temática, são desafios importantes, tanto em disciplinas específicas de Física quanto em disciplinas relacionadas ao seu ensino, como é o caso, analisado nesta pesquisa.

Se a Matemática é, em alguns casos, interpretada apenas como uma ferramenta da Física, algo “exterior” a ela mesma, e tendo em mente possíveis implicações dessa interpretação reducionista como argumentado, temos como objetivo compreender:

Como diferentes posicionamentos em relação ao papel da Matemática no Ensino de Física se constituem em situações de reflexão de licenciandos?

O contexto analisado é o de duas atividades dentro de um tema de ensino intitulado “Resolução de problemas e o papel da matemática na Física e no Ensino de Física” (RPMF), que foram desenvolvidas pela equipe docente da disciplina de Metodologia e Prática do Ensino de Física¹ da 7ª fase de um curso de Licenciatura em Física na modalidade a distância. A equipe docente era formada por um professor responsável pela disciplina (professor da instituição) e três tutores, entre eles o pesquisador, todos com formação em Física. Uma atividade consistiu em um fórum assíncrono de discussões a partir de um problema da literatura da área, com o total de 96 postagens durante 3 semanas com 18 licenciandos, que foram subsidiadas pela leitura obrigatória de dois artigos de pesquisa em ensino (GIL-PÉREZ et al., 1993; KARAM; PIETROCOLA, 2009) relacionados à temática e por intervenções da equipe docente. Outra atividade ocorreu por meio de uma videoconferência (VC) com duração de aproximadamente 105 minutos, que consistiu na apresentação de uma análise feita pelos licenciandos em grupos, de situações fictícias de sala de aula elaboradas pela equipe docente. Para realizar a análise, os licenciandos tiveram como subsídio as discussões que estavam ocorrendo no fórum, os dois artigos anteriormente lidos, e quatro questões norteadoras entregues junto às situações, também elaboradas pela equipe docente. Tais questões tiveram o objetivo de fazer os licenciandos analisar a forma com que a Matemática apareceu nas situações fictícias, e a partir daí, em como ela poderia ser trabalhada de maneira diferente, com base na leitura dos artigos e nas discussões.

Também foram analisadas duas atividades entregues por escrito pelos licenciandos, uma relacionada ao fórum (resolução de um exercício de física retirado da literatura da área - Gil-Pérez et al., 1993) e outra, à videoconferência (resumo da apresentação do próprio grupo e questões feitas sobre as apresentações dos demais grupos). Cabe destacar que no mesmo semestre os licenciandos ainda cursavam as disciplinas de Mecânica Geral, Instrumentação para o Ensino de Física A (INSPE A), que trata de epistemologia, história da ciência, modelização, entre outros em seus tópicos.

¹ Vamos nos referir a partir de agora a disciplina de “Metodologia e Prática do Ensino de Física” apenas como “Metodologia”.

Para responder à questão levantada anteriormente elaboramos o seguinte objetivo geral: analisar como o ideário de licenciandos em Física sobre a linguagem matemática no EF se constituem em situações de reflexão. Para nortear nosso trabalho os seguintes objetivos específicos foram elencados:

- Indicar relações entre o contexto e as ideias dos licenciandos que promoveram uma reflexão sobre a presença da Matemática no EF;
- Apontar possíveis papéis que estes licenciandos atribuem à Matemática no EF, no contexto da disciplina analisada.
- Discriminar relações entre o posicionamento epistemológico sobre a linguagem matemática na Física e sua influência em atividades formativas de licenciandos em Física.
- Produzir subsídios para aprimorar atividades realizadas em disciplinas sobre EF e específicas de conhecimento físico.

Nosso trabalho foi dividido em 5 capítulos. Acreditando que aspectos históricos e posicionamentos epistemológicos de cientistas tornam-se indispensáveis para melhorar nosso entendimento sobre o papel desempenhado pela Matemática na Física e conseqüentemente em seu ensino, no Capítulo 1 apresentamos algumas ideias de autores que refletiram sobre tema, além de uma síntese de trabalhos que se dedicaram a investigar mais especificamente a questão da Matemática no EF. Por fim fazemos algumas considerações derivadas do que foi apresentado.

O capítulo 2 é destinado para apresentarmos o principal conceito que norteou nossa pesquisa: a Matemática enquanto linguagem estruturante da Física. Apresentarmos também uma reflexão numa perspectiva kuhniana para a Matemática enquanto linguagem, especialmente o modo como ela aparece na formação do físico, e discutimos possíveis implicações das ideias apresentadas. As ideias apresentadas nos capítulos 1 e 2 também nos dão um aporte teórico para analisar as falas dos licenciandos, com atenção especial para concepções instrumentais/ferramentais da Matemática na Física e a noção de Matemática como Linguagem estruturante.

No capítulo 3, além de descrever o contexto do curso de Licenciatura em Física a Distância, a disciplina de MPEF e o tópico RPEF que é a fonte dos dados dessa investigação, delimitamos melhor a forma como foi feita a análise.

Já no capítulo 4, apresentaremos a análise das atividades desenvolvidas no tópico com vistas a responder nossa pergunta. Por fim, no capítulo 5, teceremos algumas conclusões e considerações finais sobre as análises, buscando contribuir para formação inicial no que diz respeito às relações entre a Matemática e a Física no seu ensino.

CAPÍTULO I

RELAÇÕES ENTRE A MATEMÁTICA E A FÍSICA: UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA E EPISTEMOLÓGICA

1.1 ASPECTOS HISTÓRICOS E EPISTEMOLÓGICOS

Certamente, inquietantes questões sobre as relações entre a Física e Matemática seriam: por que a Matemática na Física? Qual é o papel da Matemática na Física? Por que a Matemática é tão efetiva nas teorias Físicas? São essas questões que Boniolo e Budinich (2005) tentam responder. Para isso iniciam seu raciocínio apresentando 5 linhas de pensamento relacionadas a efetividade da Matemática na Física:

“1- Linha Platônica: a matemática é efetiva porque o mundo é intrinsecamente matemático;

2 – Linha de Galileu: a matemática é efetiva porque há uma estreita homogeneidade entre o mundo físico e o mundo matemático;

3 – Linha de Berkeley: a matemática é efetiva porque ela não passa de uma boa ferramenta;

4 – Linha de Kant 1: a matemática é efetiva porque nós constituímos cognitivamente o mundo de uma maneira matemática;

5 – Linha de Kant 2: a matemática é efetiva porque é somente ela que nos permite construir conceitos de objetos que não temos experiência direta. (p. 76, tradução nossa).

As linhas de pensamento apresentadas já seriam argumentos para responder por que a Matemática na Física. Porém Boniolo e Budinich (2005) apresentam outros argumentos. Segundo eles é possível existir teorias físicas sem Matemática, como é o caso da “Física” aristotélica, ainda que possuindo características epistemológicas e metodológicas diferentes da Física contemporânea. Para eles, apesar de que a “Física” aristotélica “não é uma pilha desorganizada de dados, incapaz de qualquer previsão” (BUNIOLO; BUDINICH, 2005, p. 77, tradução nossa), e estar mais para uma filosofia natural construída com base na intuição do senso comum, ela foi uma disciplina bem organizada capaz de fazer previsões. Com isso os autores argumentam que a falta da Matemática não pode ser vista como sinônimo de falta de poder preditivo, ou falta de poder explanatório ou falta de organização. Contudo, argumentam que a precisão exigida com o avanço do desenvolvimento científico, especialmente nos instrumentos de medida utilizados na astronomia no

século XVII, só poderia ser provida pela Matemática. Segundo Boniolo e Budinich (2005)

[...] no começo, a matemática foi associada com a física sobretudo como a linguagem que permitiu lidar com os números associados às medições. Só depois que a matemática se torna um agente para construir estruturas bem organizadas pelas quais se poderia deduzir números, que em seguida, seriam comparados com o mundo (p. 78, tradução nossa).

Com isso os autores citados arriscam sintetizar uma resposta para a questão “Por que a Matemática na Física?”, dizendo que ela seria a única maneira de se obter uma teoria física que pudesse ser comparada com o mundo de maneira precisa, apesar de reconhecerem que sua resposta não elimina o problema de se conceber a Matemática como um simples instrumento como na linha de Berkeley.

Sem entrar na discussão de qual dentre as linhas de pensamento apresentadas seria mais adequada para responder a questão anterior, Buniolo e Budinich (2005) discutem sobre o papel da Matemática na Física fazendo uma análise semiótica embasada nas ideias de Charles Peirce (1839-1914), destacando e apresentando alguns aspectos da estrutura de teorias físicas. A seguir apresentamos um esquema da tríade semiótica:

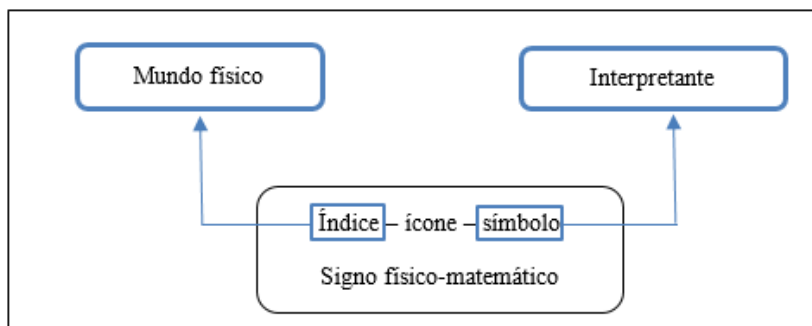


Figura 1 – Esquema representando a tríade semiótica (BONIOLO; BUDINICH, 2005, p. 79, tradução nossa).

O signo físico-matemático seria algo que liga o mundo físico com o interpretante, tanto em um caráter cognitivo quanto pragmático. Segundo Boniolo e Budinich (2005), os três pontos de vista (índice, ícone e símbolo) permitem discernir o valor teórico e dependência mútua:

- 1 – do signo físico-matemático como algo em si mesmo;
- 2 – da relação entre o signo físico-matemático e o mundo; (p. 79, tradução nossa)

O **ícone** seria uma representação do objeto e sendo esta resultado da falibilidade de seu construtor: o homem. A característica mais importante do **ícone** é o fato de poder ser manipulado sem qualquer ligação com o objeto. Para Buniolo e Budinich (2005) “A forma mais clássica de trabalhar dentro de um sinal físico-matemático, considerado como um ícone, é a que diz respeito a sua organização lógica” (p. 80, tradução nossa), que pode ocorrer em diferentes níveis de abstração. Como exemplo de signo como **ícone** citamos a axiomatização da mecânica quântica. Já um **índice**, está relacionado com o mundo físico de uma maneira mais íntima. Nesse caso, o signo tem um valor intencional, pois indica algo além de si mesmo, relacionado com:

- 1 – a afirmação da existência de algo além do sinal físico-matemático;
- 2 – a possibilidade de verificar se a indicação é de fato correta, isto é, se o que o sinal físico-matemático indica, está realmente correto (BUNIOLO; BUDINICH, 2005, p. 81, tradução nossa)

Neste caso, além de propor a existência de algo, o **índice** indica a possibilidade de verificar se a proposição tem fundamento. Citamos como exemplo a descoberta de certas partículas elementares como a antipartícula. O signo **símbolo** está relacionado a refletirmos como e porque o signo é construído. Nesse caso, tal construção acaba tendo uma variável de caráter humano que está localizado temporalmente num contexto histórico. Isso acaba restringindo a construção do signo, pois limita-se ao que Buniolo e Budinich (2005) chama de “matemática pré-fabricada”. Ou seja, não se pode esquecer que o desenvolvimento de signos físico-matemáticos está atrelado às teorias que estão disponíveis no tempo de sua construção. Mas os autores ressaltam que os físicos muitas vezes não ficam presos a “matemática pré-fabricada”, uma vez que eles mesmos podem desenvolver a matemática de que precisam. A título de exemplo, podemos citar que Newton não poderia escrever os “Principia” com o método variacional uma vez que este ainda não existia, ou ainda Maxwell ter escrito a eletrodinâmica clássica com o formalismo tensorial, uma vez que esse ainda precisaria surgir. Por outro lado, o desenvolvimento da função “delta” de Dirac, e os diagramas de Feynman, nos mostram que os físicos não precisam ficar amarrados a “matemática pré-fabricada” (BUNIOLO; BUDINICH; 2005).

Por fim, Buniolo e Budinich (2005) argumentam que os três componentes do signo físico-matemático (índice, ícone e símbolo) não podem ser considerados em separado, e indicam os problemas relacionados em tal separação, como podemos ver sintetizado pela figura 2:

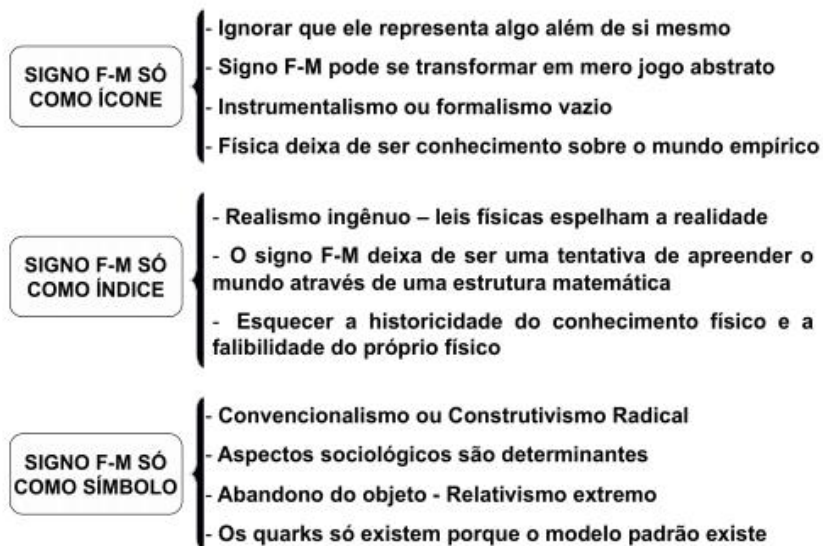


Figura 2 - Síntese dos problemas relacionados em considerar separadamente os signos físico-matemáticos (F-M) (KARAM, 2012, p. 28).

Perplexo com a efetividade da Matemática na Física, uma vez que a primeira é produto de um avançado poder de racionalidade e abstração humana, e a segunda produto de um conhecimento que diz respeito à natureza, à realidade, Eugene Wigner (1902 - 1995), vencedor do Nobel de Física em 1963, chega a afirmar que tal relação beira o mistério, pois não haveria explicação racional para isso: “o milagre da apropriação da linguagem matemática para a formulação das leis da Física é um presente maravilhoso que nem compreendemos nem merecemos (WIGNER, 1960, p. 9, tradução nossa)”. Se nos lembrarmos das cinco linhas de pensamento apresentadas no início deste capítulo, não é difícil entender porque Wigner se arrisca a dizer que a o sucesso da Matemática na Física é algo misterioso. Afinal, não temos argumentos para apontar qual das linhas estaria correta. Para não cair no desejo de atribuímos uma qualidade misteriosa sobre a efetividade da Matemática na Física, Boniolo e Budinich (2005) argumentam que este seria um falso problema, pois

[...] a teoria física não é algo a qual a matemática pode ser adicionada externamente, e assim nos questionarmos sobre a razão para essa eficácia. As teorias da física moderna e contemporânea são signos físico-matemáticos. Eles são algo que não pode ser dividido numa parte matemática e numa parte não-matemática. (p. 86, tradução nossa).

O verdadeiro problema estaria então em perguntar por que os componentes do signo físico-matemático são eficazes, e deste modo o problema remeteria a própria forma humana de conhecer, uma vez que o signo físico-matemático é uma manifestação do poder da racionalidade do ser humano para apreender sobre o mundo.

Diversos episódios poderiam ser citados para fundamentar as complexas relações entre a Física e a Matemática. Um episódio notável foi a proposição teórica de Paul Dirac (1902 - 1984), em 1928, da existência de uma antipartícula (que veio a ser chamada de pósitron) por meio da interpretação de um resultado matemático que dava como resultado a existência de valores positivos e negativos para a energia do elétron, e que veio a ser observada experimentalmente apenas em 1932. Nas palavras do cientista:

Poderíamos em princípio admitir, como uma nova suposição da teoria, que apenas um dos dois tipos de movimento [para o caso da energia positiva ou para o caso da energia negativa] ocorre na prática. Mas isso suscita uma dificuldade, pois encontramos a partir da teoria que se perturbarmos o elétron podemos causar uma transição de um estado de movimento de energia positiva para um de energia negativa, de modo que, mesmo que considerássemos inicialmente todos os elétrons do mundo com estados de energia positiva, depois de um certo tempo alguns deles estariam em estados de energia negativa. Permitindo a existência de estados de energia negativa, a teoria contempla algo que não parece corresponder a qualquer coisa conhecida experimentalmente, mas que **não podemos simplesmente rejeitar por uma nova suposição. Devemos encontrar algum significado para esses estados.** (DIRAC, 1933, p. 323, grifo nosso).

Alguns anos após a descoberta do Póstron, em uma palestra proferida em 1939, Dirac descreve dois métodos que, segundo ele, utilizam-se para estudar a natureza: a experimentação e observação e o raciocínio matemático. Para ele, não há razão lógica para o sucesso do segundo método, uma vez que “os matemáticos jogam um jogo ao qual eles mesmos inventam as regras, enquanto que os físicos jogam um jogo em que as regras são providas pela natureza.” (DIRAC, 1939, p. 1, tradução nossa). Conclui sua ideia dizendo que “o tempo tem nos mostrado que as regras cujos matemáticos tem achado interessante são as mesmas que a natureza tem escolhido.” (DIRAC, 1939, p. 1, tradução nossa). As palavras de Dirac nos remete a pensar que há certa “qualidade” matemática na natureza, mesmo que não muito bem compreendida. A descoberta do Póstron e o posicionamento de Dirac frente as relações entre a Matemática e a Física, além promover uma reflexão sobre a relação existente entre a Matemática e o mundo físico, traz uma mensagem sobre a importância que a interpretação de um resultado ou de uma dedução matemática pode implicar em nosso entendimento sobre a natureza. Nesse episódio também fica explícito o poder que o raciocínio matemático possui no desenvolvimento de teorias físicas. Certamente considera-la uma simples ferramenta de cálculo estaria longe do pensamento de Dirac.

Wigner (1960), argumenta que os físicos usam a Matemática o tempo todo para verificar resultados de leis físicas ou fazer previsões sobre a natureza. Nessa perspectiva a Matemática seria um mero instrumento. Mas para ele esse não seria o papel mais importante da Matemática para a Física. Usando uma ideia atribuída à Galileu, de que a Matemática seria a própria linguagem da natureza, Wigner (1960) escreve que “A afirmação de que as leis da natureza estão escritas na linguagem matemática foi devidamente feita há trezentos anos atrás, mas agora é mais verdadeira do que nunca (p. 5, tradução nossa)”. A mesma ideia pode ainda ser enfatizada quando o autor argumenta que

[...] quando ele [um físico] encontra uma relação entre duas grandezas que se assemelha a uma relação bem conhecida da matemática, ele vai concluir que essa relação é a que discutimos em matemática, simplesmente porque ele não sabe de qualquer outra relação similar [...] **Isso mostra que a linguagem matemática tem mais a recomendá-la do que sendo a única linguagem que podemos falar; isso mostra que ela é, em um sentido**

muito real, a linguagem correta. (WIGNER, 1960, p. 5)

Com isso Wigner parece argumentar que a Matemática não pode ser apenas um simples instrumento de trabalho dos físicos, mas ela seria a linguagem correta para que o homem possa investigar as leis da natureza.

Outro físico que fez importantes contribuições para essa área foi Richard Feynman (1918 – 1988). Ele escreveu alguns textos em que deixa evidente seu posicionamento frente as relações entre a Matemática e a Física. Segundo ele, não há outra forma de compreender a natureza que não pela linguagem matemática: “é impossível explicar honestamente as belezas das leis da natureza sem nenhum conhecimento de matemática. Sinto muito, mas parece que é assim (FEYNMAN, 2012, p. 45)”. Além disso, Feynman, Leighton e Sands (2008b) argumentam que

[...] as equações de muitas situações físicas diferentes têm exatamente a mesma aparência. Obviamente, os símbolos podem ser diferentes – uma letra é substituída por outra – mas a forma matemática das equações é a mesma. Isto significa que, tendo-se estudado um assunto, adquirimos imediatamente um conhecimento direto e preciso sobre as soluções do outro problema (v. 2, p. 12-1).

Nessa perspectiva ao (re)conhecer a aparência de determinada equação, se está quase que instantaneamente se apropriando de um conhecimento sobre outra situação física, sobre outro fenômeno, desde que tal conhecimento esteja relacionado a utilizar a Matemática como instrumento de pensamento, e não como simples ferramenta de cálculo. Ao escrever sobre a possibilidade de se traduzir as leis matemáticas em palavras, Feynman ainda argumenta que quanto mais se tenta mais “obscura” a explicação vai ficando e menos sentido ela vai fazendo. Com isso ele conclui que esse caminho torna-se tortuoso, pois a matemática não é apenas outra linguagem, ela é “linguagem mais raciocínio, é linguagem mais lógica. É uma ferramenta de raciocínio” (FEYNMAN, 2012, p.46), de forma que só ela permite ligar uma afirmação a outra.

Sobre a importância da Matemática para a Física, o matemático, físico e filósofo Henri Poincaré (1854-1912) escreve que:

Todas as leis, pois, provém da experiência, mas para enunciá-las é preciso uma língua especial; a

linguagem corrente é demasiado pobre e aliás muito vaga para exprimir relações tão delicadas, tão ricas e tão precisas. Eis portanto uma primeira razão pela qual o físico não pode prescindir da matemática; **ela lhe fornece a única língua que ele pode falar** (Poincaré 2011, p. 91, grifo nosso).

Não esquecendo do período em que Poincaré fez sua afirmação, apesar de ela remeter a uma ideia empirista ingênua sobre a natureza da Ciência e excluir outras formas de linguagem para enunciar leis da natureza como a própria linguagem verbal, fica claro que a linguagem matemática não seria para o físico apenas um instrumento que possa ser adicionado externamente, que se possa prescindir. Isso evidencia que a Matemática não pode ser resumida a um simples instrumento, pois enquanto linguagem ela seria fundamental para pensar os fenômenos, pois “ela lhe fornece a única língua que ele pode falar.” (POINCARÉ, 2011, p. 91). Já o físico francês Lévy-Leblond (2004) compara a Matemática com uma máquina de pensamento, quando argumenta que as “máquinas simbólicas e formais assumem as fadigas do pensamento da mesma forma que nossas máquinas domésticas e industriais substituem e prolongam nossas limitadas capacidades físicas.” (p. 24). Dessa forma a matematização seria para o pensamento físico como os meios de transporte para o corpo humano: faz-nos avançar rápido e ir mais longe, pois analogicamente transfere a responsabilidade do deslocamento de nosso corpo, de nossos pés e pernas, para os meios de transporte. O autor salienta que qualquer que seja seu trajeto é a pé que se sai de casa e se chega ao destino. O encontro do outro exige que se diminua a velocidade e se saia do meio de transporte. Com isso o autor argumenta que é com “imagens, palavras e ideias e não como nomes símbolos e fórmulas, que começa ou termina (ou deveria fazê-lo) todo procedimento científico, [...]” (p. 26). Segundo Lévy-Leblond (2004, p. 26) ainda, “se na ciência física de hoje é inconcebível abandonar uma formalização matemática verdadeiramente constitutiva de nossa abordagem do real, a obrigação de nos livrarmos dela pela linguagem [comum] é mais do que premente”. Com isso o autor sugere não um simples desejo, mas a necessidade de “traduzir” algo expresso através do formalismo matemático para a linguagem comum, das palavras, para que se possa compreendê-lo, apesar de reconhecer a importância do formalismo na construção de uma teoria física. Como ele bem afirma, “é impossível compreender o que não se diz”. (p. 27).

Como comentado no início do tópico, nem sempre a Matemática fez parte das práticas relacionadas ao estudo da natureza. Analisando o período entre os anos de 1700 a 1900, Gingras (2001) parte da publicação dos *Principia* de Newton, que segundo ele,

é um marco conceitual, uma ruptura radical com a tradição então dominante de uma filosofia mecânica que explica fenômenos, na maioria das vezes qualitativamente, por forças de contato (p. 384, tradução nossa),

para descrever algumas implicações da apropriação da Matemática pela Física. Para Gingras (2001), Newton, ao traçar um caminho matemático para a filosofia natural, de certa forma iniciou, ou acelerou, uma série de consequências sociais, epistemológicas e ontológicas que, ao longo de um século, redefiniu a prática legítima da Física, no sentido de que ela agora é Matemática em sua formulação. Nesse contexto, Gingras (2001) discute sobre os efeitos que a matematização da até então filosofia natural trouxeram para o estudo da natureza. Segundo ele, os três principais efeitos da matematização da Física são: o efeito social (o uso da matemática teve o efeito de excluir atores de participar de discursos sobre a filosofia natural); o efeito epistemológico (o uso da matemática na dinâmica - distinto do seu uso em cinemática - teve o efeito de transformar o próprio conceito do que seria uma explicação); o efeito ontológico (pelo tratamento cada vez mais abstrato de fenômenos da natureza). Em seu trabalho fica evidente que, de maneira geral, até meados do século XVII, o estudo e discussão sobre os fenômenos da natureza não envolvia a Matemática, com excessão da geometria, que era empregada em algumas áreas. Consequentemente, muitos dos atores que discutiam estes fenômenos apresentaram forte resistência contra a crescente matematização do estudo da natureza por se sentirem excluídos de participar de tais discussões, uma vez que não dominavam a linguagem que estava sendo incorporada no âmago da então “filosofia natural” (GINGRAS, 2001).

Na perspectiva apresentada por Gingras (2001) podemos apontar alguns posicionamentos que evidenciam o processo polêmico e tortuoso de incorporação da Matemática no estudo dos fenômenos da natureza. Justificativas para o não uso da Matemática no estudo da natureza podem ser encontradas no *Metaphysics* de Aristóteles, quando o filósofo afirma que “a precisão de minuto da matemática não deve ser exigida em todos os casos, mas apenas no caso das coisas que não têm matéria. Por isso

esse método não é o da ciência natural”. (ARISTÓTELES apud GINGRAS, 2001, p. 389, tradução nossa). Também nessa linha o físico e matemático Privat de Molières (1677-1742), membro da *Académie Royale des Sciences*, critica os métodos de Newton, pois para ele, os princípios físicos quando aplicados aos fenômenos não teriam a precisão geométrica (GINGRAS, 2001).

O efeito de exclusão pode ser evidenciado pelas críticas aos escritos do administrador, médico, político e entusiasta da ciência Cadwallader Colden (1688-1776). Seus livros intitulados “Uma explicação das primeiras causas de ação na matéria: e da causa da gravitação” e “Princípios de ação da matéria, a gravitação dos corpos e o movimento dos planetas, explicados por esses princípios” publicados em 1745 e 1751 respectivamente, apesar de terem atraído alguns interessados, foram alvo de críticas pelo físico e matemático Leonard Euler (1707-1783). Em uma carta escrita por Euler sobre as ideias de Colden, Euler afirma que Colden tinha pouco conhecimento “dos princípios do movimento” e isso “desqualifica totalmente o autor de estabelecer as verdadeiras forças necessárias para o movimento dos planetas de qualquer causa que ele possa tentar derivá-las.” (EULER, 1921 apud GINGRAS, 2001, p. 390, tradução nossa). Tal falta de conhecimento estava relacionada aos princípios matemáticos do movimento. Isso nos indica que dominar adequadamente a linguagem matemática tornava-se um critério de seleção para a entrada no grupo dos físicos, e mostra que aos poucos a física verbal, das palavras, deixava de ser uma forma legítima de explicação quando inconsistente com as leis matemáticas da Física (GINGRAS, 2001).

Esta “nova” maneira de estudar a natureza também preocupou Faraday, que apesar de ser um excelente experimentalista, não tinha conhecimentos matemáticos para acompanhar esta matematização. Ao receber o artigo de Maxwell intitulado “Sobre as Linhas de Força de Faraday”, ele admite ter ficado assustado com o formalismo matemático que suas ideias haviam tomado nas mãos de Maxwell. Então ao escrever para Maxwell mais tarde, Faraday questiona:

Existe algo que eu gostaria de perguntar a você. Quando um matemático que esteja envolvido em investigar ações e resultados físicos chega em suas conclusões, não poderiam estas serem expressas em linguagem comum de maneira clara, completa e definitiva como em uma fórmula matemática?

(FARADAY, 1852 apud GINGRAS, 2001, p. 397, tradução nossa).

Mas Maxwell já havia esboçado uma resposta para esta pergunta, quando um ano antes, em 1856, ele fala em sua palestra inaugural em Aberdeen que a “filosofia natural é, e deve ser matemática, isto é, a ciência em que as leis relativas à quantidade são tratadas de acordo com os princípios do raciocínio exato.” (MAXWELL, 1852, apud GINGRAS, 2001, p. 397, tradução nossa). Ou seja, Maxwell via a linguagem matemática como algo fundamental para tratar as ideias sobre a natureza.

O processo histórico descrito por Gingras (2001) indica que a verbalização (pelo menos de maneira explícita e consciente) e a busca por causas dos fenômenos da natureza foi atropelada pelo sucesso cada vez maior que a Matemática alcançava. Com o passar do tempo a matematização tornou-se prática legítima dos modos de fazer da Física e de certa maneira acabou marginalizando o papel desempenhado pela linguagem verbal no estudo da natureza. Desse modo a própria noção do que seria uma explicação foi alterada. Esse aspecto pode ser caracterizado com o episódio da formulação da lei da gravitação por Newton. A resposta de Newton a seus críticos “*Hypotheses non fingo*” (hipóteses não faço) evidencia que a linguagem matemática agora substituiu uma explicação para a gravidade em termos mecânicos para termos matemáticos. O matemático e físico francês Louis Bertrand Castel (1688-1757) ao estudar os *Principia* chega à conclusão de que para Newton “pensar e calcular, raciocinar e calcular, filosofar e calcular, são todos termos sinônimos.” (CASTEL, 1743 apud GINGRAS, 2001, p. 400, Tradução nossa). Castel ainda conclui sobre o livro III dos *Principia* que, o que Newton acreditava ser um sistema da Física, na verdade era um sistema matemático. Desse modo tece críticas a seus escritos:

Na verdade, se me permitem dizer, com extremo respeito que deve-se ter por Newton, há apenas geometria em seu sistema e a boa física desaparecerá se permitirmos que ele continue. Eu admiro seu profundo raciocínio geométrico, mas não há [...] sequer uma palavra de raciocínio físico em todo ele.” (CASTEL, 1743 apud GINGRAS, 2001, p. 400, tradução nossa).

Desse modo deixa evidente seu descontentamento com o caminho que “explicações” físicas poderiam tomar. Assim, ao longo de um período de quase dois séculos, a matematização progressiva de várias áreas da

Física teve o efeito de excluir como praticantes legítimos a maioria dos leitores (e às vezes contribuintes) dos livros e das revistas científicas que costumavam discutir sobre os fenômenos naturais sem o uso da linguagem matemática. Como bem discutido por Gingras (2001), este não foi um processo consensual, pelo contrário, foi um processo bastante controverso que fez muitos reagirem com aversão frente a marginalização progressiva de atores na discussão sobre os fenômenos da natureza.

1.2 SÍNTESE DA LITERATURA

Neste tópico apresentamos uma síntese de trabalhos relacionados a investigar relações entre a Matemática e a Física no EF apresentados por duas teses recentes que investigaram a temática: Karam (2012) e Ataíde (2012). Estes autores apresentam diversas referências bibliográficas, tanto no âmbito histórico-epistemológico como no EF. Iniciamos expondo brevemente as teses mencionadas e por fim uma síntese dos trabalhos que apresentam.

Karam (2012), além de apresentar diversos posicionamentos filosóficos e episódios do desenvolvimento científico acerca das relações entre a Matemática e a Física, investiga um curso completo de eletromagnetismo de uma turma de bacharelado em Física. Utilizando a diferenciação entre habilidades técnicas e estruturais ao tratar o EF por meio da Matemática, além de buscar romper posições reducionistas geralmente atribuídas à Matemática no contexto do EF, procurou identificar nas aulas do professor ministrante da disciplina, como as habilidades estruturais poderiam ser evidenciadas aos estudantes. Segundo Karam (2012), a escolha do professor se deu por ter vasta experiência ministrando a disciplina investigada, por meio de análises de aproveitamento de estudantes na disciplina e também pelo fato de o mesmo ter estudado filosofia da ciência. Seus resultados apontam para oito categorias de explicitar o caráter da matemática na construção dos conhecimentos da Física no contexto de seu ensino, a saber: matematização, interpretação, técnica, visual, analogia, dedução, epistemologia e metacognição. Esta categorização tem como principal objetivo proporcionar um aporte teórico para analisar abordagens didáticas no que diz respeito as relações entre a Matemática e a Física no ensino, como em materiais didáticos ou aulas. No capítulo 2 discutimos mais detalhadamente algumas ideias presentes em Karam (2012).

Já Ataíde (2012), analisa como licenciandos em Física próximos do fim do curso percebem a Matemática em uma disciplina de Termodinâmica, especificamente sobre a Primeira Lei da

Termodinâmica. Segundo a autora, o aspecto matemático da Primeira Lei da Termodinâmica não seria um problema para licenciandos no estágio em que estes se encontravam no curso. A Matemática não deveria ser um obstáculo na compreensão de conceitos físicos relacionados ao tema, mas não é isso que ela observa. Além disso propõe estratégias pedagógicas com base na Teoria dos Campos Conceituais (G. Vergnaud) e Modelos Mentais (J. Laird), e também fundamenta seu trabalho na noção de caráter estruturante da Matemática para a Física. Dentre os principais resultados de sua investigação está a indicação de que a forma como os licenciandos vêm o papel da Matemática na construção do conhecimento físico tem influência na aprendizagem de conceitos e na resolução de problemas de Física. Além disso, aponta também para o fato de que o domínio de técnicas matemáticas e a explicação verbal parecem não ser suficientes para garantir uma aprendizagem efetiva das leis físicas no contexto de sua pesquisa. Segundo a autora, é preciso a compreensão da formalização matemática ligada a construção dos conceitos para melhorar a aprendizagem.

Os trabalhos que se dedicaram a investigar as relações entre a matemática e a física encontrados por Karam (2012) foram classificados em três categorias por ele: modelagem matemática de fenômenos físicos; compreensão de fórmulas da física; uso de matemática na resolução de problemas de física. Já Ataíde (2012) fez uma revisão de literatura num período de 2001 a 2011, em periódicos nacionais e internacionais, além de eventos nacionais, como segue: Revista Brasileira de EF (RBEF); Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC); Caderno Brasileiro de EF (CBEF); Investigações em Ensino de Ciências (IENCI); Ciência & Ensino (C&E); Física na Escola; Experiências em Ensino de Ciências, Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, Simpósio Nacional de EF (SNEF), Encontro de Pesquisa em EF (EPEF), Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), *American Journal of Physics*, *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, *Science & education*, *Physics Education*, *European Journal of Engineering Education*, *Cognition and Instruction*, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. Além destes, ainda incluiu quatro trabalhos anteriores ao período mencionado de relevância para seu trabalho. A Tabela 1 apresenta uma síntese dos trabalhos encontrados e as categorias em que foram agrupados.

Tabela 1 - Quantidade de trabalhos divididos por categorias.

Publicações	Nacionais (9)				Internacionais (16)			
	Epistemológicos		Psicológicos		Epistemológicos		Psicológicos	
Fundamentação Base da Discussão	9		---		5		11	
Característica Metodológica	Teóricos	Aplicados	Teóricos	Aplicados	Teóricos	Aplicados	Teóricos	Aplicados
	9	---	---	---	4	1	2	9

Fonte: Alaide (2012, p. 15).

Os trabalhos categorizados por Ataíde (2012) como base epistemológica se fundamentem em aspectos históricos, filosóficos e ou epistemológicos. Já os com base psicológica apresentam discussões ou propostas fundamentadas em teorias de aprendizagem, de cognição ou em autores da área que se fundamentam também nessa base. Apresentamos nas Tabelas 2, 3 e 4 uma síntese com as principais ideias dos trabalhos encontrados por Karam (2012) e Ataíde (2012).

Quadro 1 - Resumo das principais ideias dos trabalhos analisados por Karam (2012).

Autores(as)	Principais ideias
Angel et al. (2008)	- o EF deve dar aos estudantes uma visão da natureza da Física como uma atividade de modelização, treinando-os para que se tornem capazes de construir e de interpretar modelos, relacionadas à habilidades de interpretar o fenômeno de maneira <i>conceitual, gráfica, pictórica, experimental e matemática</i> .
Sherin (2001)	- investiga como estudantes em nível superior compreendem equações físicas por meio de problemas não tradicionais. - os estudantes aprendem a entender equações da física em termos de formas simbólicas, as quais estão associadas a ideias simples e fundamentais.
Bagno et al. (2008)	- propõe questões conceituais sobre fórmulas físicas, como identificar a grandeza física associada a cada um de seus termos, analisar

	<p>casos particulares e restrições, e escrever o significado global da fórmula usando as próprias palavras.</p> <p>- os resultados apontam para os erros mais comuns que os estudantes cometem.</p>
Tuminaro e Redish (2007)	<p>- analisam e descrevem o pensamento matemático de estudantes universitários (primeiros anos) ao resolverem problemas de física por meio de uma ferramenta teórica chamada de “Jogos Epistêmicos”. Tais jogos estão associadas diferentes conjuntos de regras e estratégias que guiam a resolução.</p>
Bing e Redish (2009)	<p>- por meio de um mecanismo chamado “Epistemological Framing” se busca modelar o pensamento dos estudantes e examinar as garantias/justificativas oferecidas pelos mesmos quando utilizam a matemática para resolver problemas de física. São encontradas quatro estilos de pensamento: rotina de cálculo, interpretação física, invocando autoridade e consistência matemática.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Quadro 2 - Resumo das principais ideias dos trabalhos nacionais analisados por Ataíde (2012).

Autores(as)	Principais ideias
Pietrocola (2002)	<p>- Linguagem matemática como estruturante do pensamento físico.</p> <p>- O caráter estruturante da matemática para a física precisa ser explicitado aos estudantes.</p>
Bastos e Bastos Filho(2003)	<p>- apresentam diferentes linhas de pensamento sobre os fundamentos da matemática (logicista, a intuicionista, a formalista e a conjuntista) e dissertam sobre contribuições que estas podem proporcionar ao ensino de ciências em nível básico e superior.</p>
Silva e Pietrocola (2003)	<p>- analisam o uso da linguagem matemática no desenvolvimento da teoria eletromagnética e mostram que ela é integrante no processo de construção da teoria.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - defendem que é fundamental discutir sobre o papel desempenhado pela linguagem matemática na física com estudantes.
Karam (2007)	<ul style="list-style-type: none"> - aplicou questionário com estudantes do EM para identificar suas concepções sobre as relações entre a matemática e a física.
Karam e Pietrocola (2008)	<ul style="list-style-type: none"> - apresentam propostas para trabalhar assuntos de física moderna no EM de forma quantitativa, buscando romper a barreira imposta pelo formalismo matemático no ensino de tais assuntos.
Karam e Pietrocola (2009a)	<ul style="list-style-type: none"> - no contexto da resolução de problemas, criticam posicionamentos que reduzem a matemática a um simples instrumento de cálculo. - propõem que mesmo com os problemas mais tradicionais é possível desenvolver habilidades estruturantes no EF;
Karam e Pietrocola (2009b)	<ul style="list-style-type: none"> - no contexto da resolução de problemas, criticam posicionamentos que reduzem a matemática a um simples instrumento de cálculo. - propõem que mesmo com os problemas mais tradicionais é possível desenvolver <i>habilidades estruturantes</i> no EF;
Karam e Pietrocola (2009c)	<ul style="list-style-type: none"> - analisam um conjunto de aulas sobre Relatividade Restrita no Ensino Superior. - propõem categorias da fala professor sobre as relações entre a Matemática e a Física. - concluem que o caráter estrutural da matemática se faz presente em todo o discurso do professor.
Pietrocola (2010)	<ul style="list-style-type: none"> - enfatiza o papel da linguagem matemática como estruturadora do pensamento físico. - propõe a diferenciação entre <i>habilidades técnicas</i> e <i>habilidades estruturantes</i> para pensar o EF por meio da matemática. Defende que é de fundamental importância o desenvolvimento destas últimas habilidades no EF.

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Quadro 3 - Resumo das principais ideias dos trabalhos internacionais analisados por Ataíde (2012).

Autores(as)	Principais ideias
Romer (1993) (Base epistemológica)	<p>- descreve várias situações de sala de aula, vivenciadas por ele, através das quais mostra como tenta trabalhar dando um sentido às equações para que elas tenham um significado para os estudantes.</p> <p>- sugere que os professores utilizem uma abordagem para a Física que permita aos estudantes ter prazer pela “leitura das equações”, ou seja, desperte a atenção para a estrutura lógica do assunto e possibilite a compreensão da lógica que envolve a Física e a Matemática.</p>
Lozano e Cárdenas (2002) (Base epistemológica)	<p>- fazem uma discussão sobre as dificuldades das relações simbólicas e de suas interpretações, enfatizando as definições explícitas, os conceitos quantitativos e valores numéricos, e as leis e seus enunciados.</p> <p>- sugere que os professores façam referências explícitas aos aspectos semânticos e sintáticos da linguagem formal que ele usa na descrição matemática de fenômenos físicos, para os estudantes poderem melhorar sua compreensão da ciência.</p>
Redish (2005) (base epistemológica)	<p>- utilizar Matemática em Física não é a mesma coisa que fazer Matemática.</p> <p>- defende que a habilidade manipulativa não é o bastante para a aprendizagem na Física.</p>
Martinez-Torregrosa et al (2006) (base epistemológica)	<p>- realizam um estudo histórico-epistemológico sobre o conceito de diferencial na Física, que é pouco entendido pelos estudantes, com o intuito de melhorar os modelos curriculares e pedagógicos no que se refere ao ensino desse conteúdo.</p>
Hudson e McIntire (1977) (base epistemológica)	<p>- a falta de domínio das ferramentas matemáticas pode prever o fracasso no estudo</p>

	da física, mas dominá-las não é garantia de sucesso.
Hestenes (1987) (Base Psicológica)	- a modelagem matemática deve ser o tema central no EF.
Martinez-Luaces (2004) (Base Psicológica)	- faz uma análise de seminários desenvolvidos em diferentes países da América Latina sobre a modelagem matemática contrastada com a resolução de problemas. - concluem que os seminários proporcionam contribuições significativas para a prática docente.
Hudson e Liberman (1982)	- analisam os efeitos combinados das habilidades matemáticas e raciocínio operacional formal no desempenho de estudantes em um curso de Física Geral. - apontam que o domínio técnico de conhecimentos matemáticos é importante porém não é possível afirmar que apenas tal domínio garante o sucesso dos grupos estudados.
Sherin (2001)	Ver tabela 2
Crouch e Haines (2003)	- estudantes universitários das áreas de ciências e tecnologia apresentam muitas deficiências quando submetidos a situações nas quais seja necessária uma conexão entre o mundo real e o modelo matemático.
Rowland e Jovanoski (2004)	- discussão centrada na definição e interpretação de conceitos matemáticos envolvidos nas EDOs, e no fato de a falta de compreensão desses conceitos, tais como quantidades e taxas de variações de quantidades presentes nas equações, se consolidar como elementos que dificultam a aprendizagem de EDOs e suas aplicações em situações-problema.
Izsák (2004)	- os estudantes têm e podem usar critérios para julgar quando uma expressão algébrica é melhor do que outra para resolver uma determinada situação problema; - a construção do conhecimento por modelagem algébrica requer do estudante uma coordenação

	criterosa entre as representações algébricas e vários outros conhecimentos.
Reed (2006)	<ul style="list-style-type: none"> - objetivando a melhoria de um software educacional com a função de melhorar o raciocínio matemático de estudantes, analisam duas situações sobre quantidades que podem orientar a compreensão de uma situação. - as conclusões apontam para relações entre as quantidades em uma equação e as conexões das representações visuais para variáveis nas equações.
Tuminaro e Redish (2007)	Ver tabela 2
Engelbrecht et al (2007)	<ul style="list-style-type: none"> - apontam que a taxa de retenção a longo prazo (2 anos) de técnicas matemáticas básicas de um curso de cálculo é baixa. - o valor de entender completamente os princípios básicos e conceitos é importante para a retenção do conhecimento; a retenção é melhorada quando existe uma motivação intrínseca pela atividade. - a falta de compreensão conceitual resulta em confiança diminuída o que também influencia na retenção do conhecimento.
Angell et al. (2008)	Ver tabela 2

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

A seguir iremos tecer algumas considerações sobre a perspectiva histórica e epistemológica apresentada, e também sobre a síntese da literatura.

1.3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Como argumentado na seção 1.1, posicionamentos de cientistas como Dirac (1939) e Wigner (1960) e aspectos históricos, epistemológicos e sociológicos como exposto por Boniolo e Budinich (2005) e Gingras (2001) nos mostram que não há obviedade na presença da Matemática na Física. Ainda assim algumas práticas tradicionais no ensino da Física ao privilegiarem os resultados do conhecimento

científico em seu ensino acabam reforçando a ideia de que seja natural expressar o conhecimento sobre o mundo físico matematicamente. Mas o recorte que a presença da Matemática implica sobre o mundo não é algo trivial. No que tange ao ensino da Física, a complexidade desse recorte implica em posturas didático-pedagógicas diferenciadas. Essa ideia se torna ainda mais importante à medida que pesquisas como a de Ataíde (2012) apontam para influência do modo como se percebe a Matemática na Física tem na aprendizagem dos conhecimentos da Física. É preciso que professores que ministram disciplinas de Física tenham em mente que se para cientistas, ou mesmo para eles professores, a relação entre a Matemática e a Física não é nada óbvia e ou trivial, como esperar que o estudante perceba isso por si só? Ou ainda, quando autores como Almeida (2004) indicam que a pouca clareza a respeito das relações entre Matemática e o EF do nível básico, em alguns casos, implica em práticas que excluem alunos não tão hábeis com a linguagem matemática, marginalizando-os da discussão sobre os fenômenos da natureza, nos leva a crer que seja necessário discutir também concepções sobre o papel desempenhado pela Matemática na Física em no seu ensino com licenciandos.

Outro ponto que emerge do capítulo 1 é que mesmo não havendo consenso sobre os motivos pelos quais a Matemática é efetiva na construção do conhecimento físico, parece ser consensual que a Matemática é muito mais do que um simples instrumento da Física do qual até se poderia prescindir. As ideias de Wigner (1960), Dirac (1939), Feynman (2012), Poincaré (2011), Lévy-Leblond (2004) estão mais próximas às linhas platônica, galileana e kantiana I do que da linha de Berkeley apresentadas no início do capítulo. Em outras palavras, a Matemática é mais para o físico do que um bom instrumento de trabalho. Mesmo assim, muitas vezes além do EF se resumir apenas a apresentação de resultados do conhecimento científico, leis, fórmulas, equações, exercícios, etc., são apenas apresentados aos estudantes, dando a impressão de que a Matemática se resumiria a uma maneira mais fácil ou resumida para descrever o conhecimento físico. Mas se a Matemática é um meio pelo qual o físico consegue compreender a natureza a ponto de gerar um conhecimento que permite a construção da máquina pela qual eu escrevo essa dissertação, parece natural concluir que o estudante deve ser levado a ter condições de compreender como os seres humanos são capazes de entender o mundo através de estruturas matemáticas, ou melhor, qual o processo que torna isso possível. Isso está muito além do uso da Matemática na resolução de problemas ou na dedução de leis e

fórmulas. Está relacionado a aprender a enxergar o mundo matematicamente.

A análise feita por Buniolo e Budinich (2005) apresentada no início desse capítulo sobre a estruturação de teorias físicas feita por meio dos signos físicos-matemáticos, deixa pistas para compreender melhor como a Matemática estaria relacionada à Física na construção das teorias. Para o ensino da Física podemos destacar que é preciso uma constante vigilância por parte de professores dessa disciplina para não recair em posições realistas ingênuas, como pensar que o signo seria a própria realidade, ou mesmo no extremo antirrealismo, onde o signo não passaria de mera convenção que nada tem a ver com a realidade, ou ainda esquecer que a Física é resultado de um processo de construção de conhecimento que é histórico feito por seres humanos que são sujeitos falíveis.

Também pudemos acompanhar através do trabalho de Gingras (2001) que, historicamente, a incorporação da Matemática no estudo de fenômenos naturais foi um processo conflituoso, que acabou excluindo muitos participantes, especificamente quem não dominava conhecimentos matemáticos. Esse processo implicou em uma mudança na própria noção do que seria uma explicação sobre um fenômeno. Desse modo, uma “Física” que até então tinha um caráter verbal/escrito passou a ter um caráter Matemático, e este último tornou-se critério de validação de teorias. Especialmente pensando no Ensino Básico, o fato de a Matemática ter se tornado fundamental no estudo da natureza inclusive tornando-se critério de validação da linguagem humana quando se trata desse campo de conhecimento, não significa que o EF deva ser enxertado com ela. Não se pode esquecer que o objetivo da formação básica não deve ser entendida como uma formação pré-científica. Em se tratando de uma formação de um curso superior, esse fato não nega a necessidade do uso da linguagem comum humana para que se possa compreender e organizar as ideias sobre o mundo “físico-matemático”. Como já argumentando, apesar da logicidade, não existe obviedade no recorte que a Matemática implica sobre o mundo.

Na síntese de literatura pudemos perceber também que há trabalhos em diferentes contextos e que a preocupação com a Matemática no EF não é algo recente em termos de pesquisa. Mesmo assim parece que são poucos os trabalhos dedicados a estudar a temática, ainda mais quando analisamos os trabalhos encontrados nos periódicos brasileiros, que além de poucos, localizam-se em um grupo bastante pequeno de pesquisadores.

Finalizamos este capítulo colocando algumas questões que emergem das reflexões apresentadas: se a Matemática é mais do que um simples instrumento para o físico, como podemos compreendê-la se

estamos interessados no EF? Como essa compreensão poderia subsidiar práticas diferenciadas de ensino? Em se tratando da formação de professores, quais motivos além dos já apresentados podem estar relacionados à propagação da visão reducionista (ferramental) sobre a Matemática na Física? Como poderíamos compor subsídios para superá-las? Tentaremos esboçar respostas a essas questões no próximo capítulo.

CAPÍTULO II

RELAÇÕES ENTRE A MATEMÁTICA E A FÍSICA: UMA PERSPECTIVA DO ENSINO

2.1 A MATEMÁTICA COMO LINGUAGEM ESTRUTURANTE DO PENSAMENTO FÍSICO

Como exposto no capítulo anterior, nos últimos séculos a Matemática tornou-se parte integrante da Física na busca por uma compreensão científica da natureza. Pietrocola (2002) levanta a questão sobre problemas no EF relacionados a concepções equivocadas acerca do papel da Matemática na Física que reduzem a primeira a uma simples ferramenta da segunda, como foi discutido na introdução dessa dissertação. Dessa forma, o autor descreve a Matemática como linguagem da Ciência. Esse fato além de implicar em uma importante diferença entre os conhecimentos de senso comum e conhecimento físico, na perspectiva de linguagem apresentada por este autor, a Matemática não tem apenas um papel de tradução ou comunicação, como a palavra “linguagem” pode sugerir no senso comum: ela “vai além da comunicação direta e da descrição de coisas, servindo para dar forma a nossas ideias e permitindo-nos lidar com elas (PIETROCOLA, 2002, p. 99)”, ou seja, tem um caráter constitutivo do próprio modo de pensar. A matemática então desempenhará essa função, principalmente por sua precisão, universalidade e capacidade lógica dedutiva.

Fazendo um paralelo com a linguagem empregada pelo homem juntamente com suas regras de uso, Pietrocola (2002) afirma que:

No caso geral da linguagem empregada pelo homem, às palavras são ideias; nas ciências os conceitos têm esta função. A gramática, ortografia, sintaxe e outras características da análise linguística são formas de se articular palavras para exprimir nosso pensamento. Na ciência precisamos de regras equivalentes, pois de outra forma seria impossível elaborar e exprimir nossos pensamentos de forma clara, para nós mesmos e para os outros. A Matemática, por ser uma linguagem, dispõe de tais "regras" que permitem vincular os conceitos (p. 102).

A Matemática então é uma linguagem disponível para estruturar o pensamento físico. Cabe ressaltar que essa perspectiva não exclui outras possibilidades de linguagem como a verbal, ou gestual. Mas a linguagem matemática tem mostrado ao longo do tempo sua capacidade excepcional no estudo da natureza, como mencionado por Dirac (1939). Sendo ela um modo de acessar o mundo físico, nos permitindo descrevê-lo e interpretá-lo formando ideias sobre ele, ela cede sua própria estrutura para que o pensamento científico possa elaborar os modelos sobre este mundo. Nesse sentido Pietrocola (2002) argumenta que “sua maior importância está no papel *estruturante* que ela pode desempenhar quando do processo de produção de objetos que irão se constituir nas interpretações do mundo físico (p. 101)”. Desse modo o papel do cientista, em especial do físico, seria o de descobridor de estruturas que melhor se adaptam na representação do mundo.

Acordando com as ideias de Pietrocola (2002), Pinheiro, Pinho-Alves e Pietrocola (2001) ao escreverem sobre a aparente simplicidade que a Matemática pode se fazer presente nas teorias físicas, indicam que pode até se pensar a Matemática como mero mecanismo de quantificação de grandezas físicas. Sobre esse aspecto argumentam que a Matemática

[...] fornece um conjunto de estruturas dedutivas, por meio das quais se expressam as leis empíricas ou princípios teóricos. Neste contexto, ela é uma forma de linguagem e ferramenta, por meio da qual são estruturadas as relações entre os elementos constituintes de uma teoria (p. 9).

Para estes autores a Matemática seria um meio pela qual são relacionados os elementos das teorias, o que implica em um caráter não apenas quantificador, mas também estruturante das ideias sobre o mundo físico, uma espécie de esqueleto pelo qual as teorias físicas são construídas.

Corroborando essas ideias, Silva e Pietrocola (2003) evidenciam o caráter estruturante para o pensamento físico que a linguagem matemática proporcionou aos cientistas no contexto do desenvolvimento da teoria eletromagnética. Dessa forma, entre outros, mostram que as analogias formais (matemáticas) entre as teorias da eletrostática e fluxo de calor acabaram marginalizando em alguns momentos a busca por explicações sobre a natureza dos fenômenos em questão e também que tais analogias tiveram importante papel no desenvolvimento da teoria

eletromagnética, uma vez que por meio de analogias desse tipo foi possível lançar luz sobre os fenômenos dessa natureza. Nesse contexto, mostram que a linguagem matemática não foi apenas usada para descrever aspectos empíricos, mas sim etapa integrante, estruturante, no desenvolvimento da teoria eletromagnética.

A perspectiva colocada por Pinheiro, Pinho-Alves e Pietrocola (2001) e Pietrocola (2002) e outros autores, permite entender a matemática como linguagem constitutiva da Física, ou seja, trabalhar na perspectiva da concepção de linguagem como instrumento de pensamento.

Baseando-se nestas ideias, e compartilhando também o fato de que a Matemática das aulas de Matemática é diferente da Matemática das aulas de Física (REDISH, 2005) e que o domínio dos conhecimentos matemáticos não garante o sucesso do estudo da Física (HUDSON; MCINTIRE, 1977; HUDSON; LIBERMAN, 1982 apud KARAM, 2012), alguns autores propõem a diferenciação entre *habilidades técnicas* e *habilidades estruturais* para pensar o EF e sua relação com a linguagem matemática (KARAM; PIETROCOLA, 2009a, 2009b; PIETROCOLA, 2010; UHDEN et al., 2011; KARAM, 2012). Vamos apresentar melhor essa diferenciação a seguir.

2.1.1 HABILIDADES TÉCNICAS E ESTRUTURAIS

Para os autores previamente mencionados, as *habilidades técnicas* estão relacionadas ao campo mais interno da matemática, relacionando-se com um domínio instrumental de algoritmos, regras, fórmulas, equações, etc., ou seja, um domínio técnico de conhecimentos matemáticas. Porém, defendendo a ideia de que apenas estas habilidades não garantem o sucesso no estudo da Física, Karam (2012) busca aprofundar em sua tese o estudo sobre as *habilidades estruturais*, que estão relacionadas com a capacidade de pensar o mundo físico matematicamente, ou melhor, aprender a usar a linguagem matemática em contextos externos a ela. Como resume bem Pietrocola (2002), é preciso “aprender teoricamente o real através de uma estruturação matemática” (p. 106). Segundos os autores, essas habilidades não são natas no indivíduo, elas precisam ser desenvolvidas.

Inspirados nas ideias de Redish (2005), Karam e Pietrocola (2009a) buscam justificar a diferenciação entre *habilidades técnicas* e *estruturais* uma vez que a matemática das “aulas de matemática” possui uma semântica diferente da matemática de “aulas de física”. Como

exemplo analisam as seguintes equações físicas: $V = R \times i$, $E = h \times f$ e $v = \lambda \times f$ e as compara com uma relação linear do tipo $y = k \times x$. Enfatizam que nesta última, tradicionalmente x é a variável independente, y a variável dependente, e k uma constante de proporcionalidade. Graficamente a relação linear com coeficiente angular k positivo representa uma reta crescente, como mostrado na Figura 3.

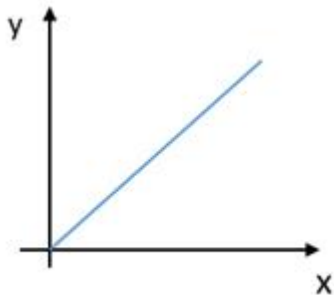


Figura 3 - Gráfico para uma equação linear do tipo $y = k \times x$ com $k > 0$ e $x \geq 0$.

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Porém quando comparada com relações físicas como a equação $V = R \times i$ (lei de Ohm) a diferenciação entre variável dependente, independente e constante não é clara, uma vez que é possível medir a corrente para obter a tensão, medir tensão para obter a corrente ou ainda, medir tensão e corrente para se obter a resistência de um fio condutor. Já no caso da equação que dá a energia de um fóton em função de sua frequência $E = h \times f$, não se pode determinar diferentes valores de h uma vez que se trata de uma constante universal (constante de Planck). Outra diferença também está no fato de que para determinada frequência f de um fóton, sua energia E pode assumir apenas valores múltiplos inteiros de hf e não qualquer valor. Ou seja, a energia não aumenta ou diminui de maneira linear, mas sim de maneira quantizada. Logo seu gráfico não será uma reta. Se pensarmos na equação da velocidade de uma onda $v = \lambda \times f$, como sua velocidade depende do meio pelo qual ela se propaga, não faz sentido pensar em λ como sendo uma constante. Se tomarmos frequências diferentes para um mesmo meio, o comprimento de onda λ se modificará para que a velocidade continue a mesma. Ou

seja, nesse caso a constante será a velocidade v . Com essa comparação é possível evidenciar diferenças importantes sobre a presença da Matemática em contextos externo a ela, como na Física.

Podemos ainda comparar outro tipo de função muito utilizada na representação de fenômenos físicos: as funções do segundo grau, representadas matematicamente por uma expressão do tipo $y = c + bx + ax^2$. Tradicionalmente x é a variável independente, y a variável dependente, e a , b e c constantes arbitrárias, podendo assumir valores positivos ou negativos. Se quisermos encontrar o valor da variável y equivalente a um determinado valor de x , basta substituí-lo na expressão e desenvolver o cálculo. Para destacar mais nossa argumentação, tomemos o caso em que a constante a é negativa. A forma geral da equação do segundo grau fica: $y = c + bx - ax^2$. Se desejamos saber os pontos em que a parábola toca o eixo x , substituímos a variável y por 0 (zero) ($0 = c + bx - ax^2$) e podemos usar a fórmula

de Bhaskara $\left(\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right)$. Usando a fórmula encontramos dois

valores possíveis de x onde a parábola corta o mesmo eixo, ou melhor, os pontos que zeram a função (pontos verdes na Figura 4). Graficamente, essa equação é representada por uma parábola com a concavidade virada para baixo, como mostra a Figura 4:

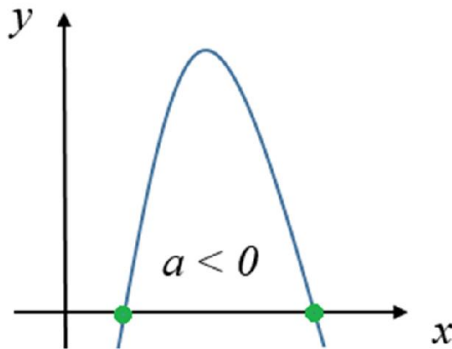


Figura 4 – Equação do segundo grau do tipo $y = c + bx - ax^2$ para $a < 0$.

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Equações desse tipo em Física podem descrever o movimento de móveis. Nesse contexto as constantes a , b e c representam grandezas

físicas com suas correspondentes unidades, como aceleração (a), velocidade (v) e posição inicial (S_0) respectivamente. A variável independente geralmente é o tempo (t) e a independente a posição (S). Matematicamente a equação fica $S = S_0 + v_0t - at^2 / 2$. A representação gráfica nesse caso seria a mesma da Figura 4. Entretanto, agora a equação do segundo grau representa um fenômeno físico que determina a posição de um móvel em diferentes instantes de tempo. Sabendo-se das condições iniciais (constantes S_0 , v_0 e a por exemplo) pode-se determinar a posição S do móvel em qualquer instante t . Mas, agora, a equação do segundo grau que antes possuía constantes e variáveis abstratas está enxertada de conceitos, como referencial, velocidade, aceleração, posição, deslocamento, distância, tempo. Nesse caso, os pontos em que a parábola corta o eixo x (pontos verdes na Figura 4) representam determinada situação física, correspondentes às posições em que o móvel passa pela origem do referencial. Vejamos as implicações dessas diferenças com um exemplo. A função a seguir foi tema de discussão com os licenciandos em uma atividade desenvolvida para a elaboração dessa dissertação. Vamos considerar um móvel percorrendo uma trajetória descrita por $S = 25 + 40t - 5t^2$. Consideremos ainda que a posição é dada em metros (m), a velocidade em metros por segundo (m/s) e a aceleração em metros por segundo elevado ao quadrado (m/s^2). Nesse caso determinar a distância que o móvel terá percorrido após 6 segundos gera uma série de considerações para que possa ser resolvido. Sob determinadas condições, bastaria substituir o valor do tempo ($t = 6s$) na expressão e obter o valor correspondente, pois o valor da posição que o móvel se encontraria iria corresponder à distância que teria percorrido. Porém, no problema proposto, o móvel está inicialmente diminuindo sua velocidade (desacelerando) até o momento que para e em seguida passa a aumentar sua velocidade (acelerar) no sentido oposto. Dessa forma os valores de posição e distância percorrida não coincidem. Uma maneira de resolver seria separar o movimento do móvel em duas partes: uma até ele parar e outra a partir do momento em que passa a aumentar sua velocidade no sentido oposto, gerando expressões físico-matemáticas distintas dependentes das condições iniciais de cada caso ($S = 25 + 40t - 5t^2$ para $t \leq 4s$ e $S = 0 + 0t - 5t^2$ para $t > 4s$). Agora, a distância percorrida pelo móvel

² Mesma equação discutida por de Gil-Perez et al. (1992).

será a soma do módulo das posições encontradas após 4 segundos na primeira equação e após 2 segundos na segunda, descontando-se os valores das posições iniciais. Sem essa análise não é possível resolver o problema corretamente, pois se tomássemos um intervalo de tempo por exemplo entre 5s e 6s, o objeto iria percorrer uma distância menor mesmo com o aumento do tempo, o que seria incoerente com o que observamos no mundo físico. Isso mostra algumas especificidades que uma relação matemática adquire ao ser incorporada por uma teoria de natureza física.

Segundo Karam (2012), ao comparar as equações da Física com as da Matemática, parece fazer mais sentido a diferenciação entre *habilidades técnicas* e *estruturais*. Segundo Karam (2012), quando dominamos a função linear $y = k \times x$ sabendo seu significado matemático, construindo gráficos e até mesmo determinando a constante k , não significa que os conhecimentos valem da mesma forma no contexto da física. Ou ainda, saber manipular matematicamente uma equação do segundo grau, encontrar os zeros da função, ou mesmo construir seu gráfico, está longe de ser suficiente para analisar uma situação física. Muito pelo contrário, trabalhar a *habilidade estruturante* no ensino é legítimo das aulas de Física.

Não podemos esquecer que a relação entre a Matemática e a Física passa pela discussão sobre a construção dos modelos físico-matemáticos, que está vinculada à forma com que a Matemática se associa ao mundo físico na elaboração de hipóteses e deduções sobre ele. Stewart (2006), autor bastante utilizado no estudo de cálculo para ciências exatas, em uma seção destinada a apresentar ao leitor como um modelo matemático está relacionado ao mundo real, apresenta o seguinte ciclo de modelagem (Figura 5):

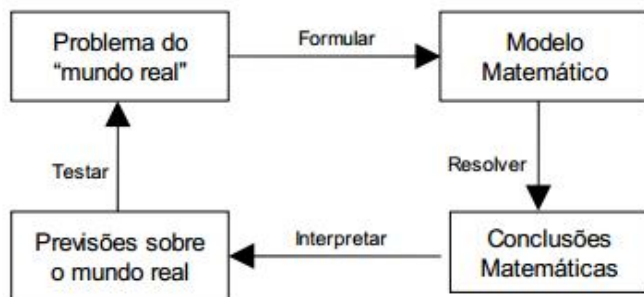


Figura 5 – Processo de modelagem segundo Stewart (2006, p. 25).

Segundo o autor o primeiro passo na formulação de um modelo matemático sobre uma situação real consistiria em identificar variáveis relevantes sobre a situação de modo que ela seja matematicamente tratável. Desse processo formula-se um modelo matemático capaz de descrever a situação. Em seguida se usa o modelo matemático para tirar conclusões sobre a situação e com isso desenvolver previsões sobre ela. Por último as previsões são contrastadas com a situação real a fim de testá-las. Tal interpretação é um tanto simplista por pouco dizer a respeito da relação entre o mundo físico e o matemático. Com posse dessas ideias, Uhden et al. (2011) apresentam um modelo teórico desenvolvido por eles para diferenciar *habilidades técnicas e estruturais*, que segundo eles melhor se adequa ao processo de modelização da Física, por levar em conta as complexas relações entre os dois campos de conhecimento apresentado na Figura 6.

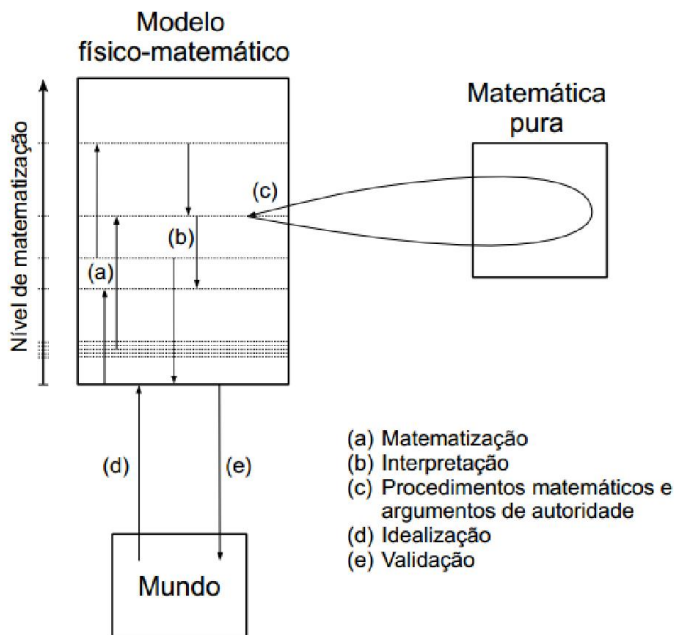


Figura 6 - Modelo proposto por Uhden et al. (2011, p. 499).

De acordo com Uhdem et al. (2011), o modelo físico-matemático é dividido em diferentes e infinitos níveis (seta vertical), onde cada nível representa um grau de matematização. Nesse sentido argumentam que a “física qualitativa pura” estaria no primeiro nível de modelo físico-matemático, com grau de matematização zero. Destacam ainda que uma

importante diferença entre o modelo proposto por eles e os ciclos de modelagem tradicionais³ como o apresentado por Stewart (2006), estaria no fato de que a física qualitativa pura seria o primeiro passo para a construção dos modelos físico-matemáticos. Assim, argumentam que “a física qualitativa não é um modelo distinto em si mesmo (UHDEN, et al., 2011, p. 497, tradução nossa)”, no sentido de que o modelo não poderia ser considerado algo fora do modelo físico-matemático. Dessa forma, tal modelo

[...] deve, portanto, ter uma parte inseparável de matemática e física (modelo físico-matemático, [...]), bem como um elemento de raciocínio qualitativo e uma parte de pura matemática. Assim, seria possível distinguir claramente entre o caráter estrutural e técnico da matemática na física. As habilidades estruturais seriam indicadas pela parte inseparável, enquanto que o trabalho matemático puramente técnico corresponderia ao campo independente da matemática, de maneira semelhante ao que é feito no ciclo de modelagem (KARAM, 2012, p. 61).

No modelo apresentado na Figura 6, seguindo a direção das setas (b) representa interpretar o significado físico de expressões matemáticas, o que está relacionado com a “capacidade de ‘ler’ equações matemáticas, interpretar seu significado físico com o uso de palavras e esquemas, identificar casos especiais e limites ou ainda de fazer previsões físicas a partir do formalismo (KARAM, 2012, p. 62)”. Segundo Karam (2012),

[...] esta é uma habilidade crucial para uma compreensão profunda do papel da matemática na física. Vários episódios históricos, tais como a previsão da antimatéria ou a relação massa-energia, são exemplos notáveis de sucesso na interpretação do significado físico das estruturas matemáticas (p. 62).

Já o sentido a direção das setas (a), o caminho inverso das setas (b), há o processo de matematização dentro da modelização. Esses dois movimentos na direção vertical do modelo físico-matemático estariam associados a *habilidades estruturais*, pois pertencem à estrutura teórica

³ Ver Uhden et al. (2011) a partir da página 493.

interna da física. Já a seta curva (c) representa as manipulações algébricas puras, isentas de significado físico que estão relacionadas com *habilidades técnicas*. As setas (d) e (e) relacionam-se com a tradução entre o mundo físico e o modelo físico-matemático nos processos de idealizações e validações.

Uhden et al. (2011) apresentam dois exemplos de abordagens de ensino que podem ser pensadas com base no modelo da Figura 3: uma por um processo de matematização gradual e outra de abstrata e direta, e mostram como podem ser estas abordagens na dedução da equação

horária para a queda livre: $S(t) = \frac{gt^2}{2}$, em que velocidade e posição

inicial do objeto são zero ($v_0 = 0\text{m/s}$, $S_0 = 0\text{m}$) e $g = 10\text{m/s}^2$.

Lembrando que em ambos os casos o problema já está idealizado, em uma abordagem se chega à expressão para o movimento de queda livre a partir de princípios físicos, da análise da função (função não-linear), experimentos, simulações, tabelas, gráficos, etc. Já uma abordagem mais direta se pode de certa forma “postular” que a aceleração é a segunda

derivada temporal da posição $\left(a(t) = \frac{d^2S}{dt^2} \right)$ e, admitindo a aceleração

como uma constante ($a(t) = g$), resolver essa expressão chegando ao mesmo resultado, tomando ainda velocidade e posição inicial como zero. Os autores ainda ressaltam que a abordagem “abstrata” apesar de apresentar um raciocínio mais poderoso, se o conceito de aceleração como derivada segunda da posição não estiver bem compreendido, tal procedimento pode resumir-se num operativismo abstrato, ou seja, num procedimento puramente técnico. Nessa linha de raciocínio, argumentam que o processo gradual de matematização se adequa melhor no objetivo de explicitar o papel estruturante da matemática, e seja qual for a abordagem, os estudantes deveriam ser capazes de explicar o significado físico dos cálculos (UHDEM et al., 2011).

As duas abordagens (didática e direta) podem ser contrastadas através da Figura 7, que mostra os diferentes níveis de matematização e interpretação de acordo com o modelo apresentado na Figura 7.

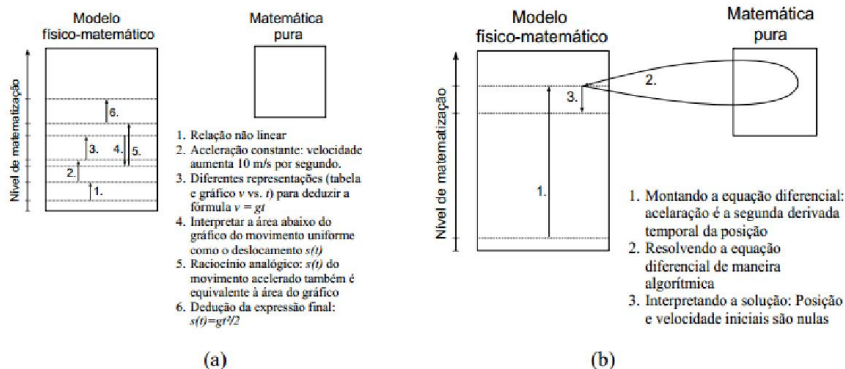


Figura 7 – Duas abordagens didáticas distintas para a dedução da equação da queda livre (KARAM, 2012, p. 65).

Na abordagem didática (a) podemos ver diferentes níveis de matematização de forma gradual (flechas 1, 2, 3, 5 e 6) e a flecha indicada no passo 4 como um nível de interpretação durante a construção do modelo para a queda livre. É interessante notar ainda que não há seta indicando o uso da matemática pura, o que indica que a matematização tem uma estreita relação com o caráter físico nesse caso. Já na abordagem direta (b) a matematização é mais direta e ainda indica o apelo à matemática pura no processo, relacionado à manipulação técnica da expressão. Por fim há a interpretação do resultado no passo 3. Uhdem et al. (2011) ainda destacam que no contexto universitário, o objetivo seria os estudantes atingirem o nível de abstração do caso (b), mas que em todo caso deveriam saber interpretar fisicamente os cálculos.

Nesse sentido, Karam (2012), ao investigar um conjunto de aulas de bacharelado em Física de duas disciplinas: relatividade (a título de estudo piloto) e eletromagnetismo (como fonte de dados para a análise final), ambas ministradas pelo mesmo professor, propõe oito categorias relacionadas a como as complexas relações entre a Matemática e a Física se fazem presentes nas aulas do professor. O autor salienta que embora seus resultados provenham da análise de um curso de nível superior, muitos aspectos podem ser pensados para o contexto do EM. Segundo ele, a categorização proposta consiste em uma ferramenta teórica de análise que contém importantes aspectos a serem considerados no EF no que diz respeito às relações entre a Matemática e a Física. Karam (2012) afirma que as categorias “refletem nossa visão sobre critérios de qualidade didática em relação ao EF centrado no caráter estrutural da matemática

(p. 216)”. Um quadro resumo com as categorias de análise, sua descrição e exemplos das aulas é apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 - Resumo das categorias analisadas por Karam (2012).

Categoria		Descrição	Exemplos das aulas
Matematização ↑	M2 Estruturas Matemáticas	Estruturas matemática são utilizadas para representar grandezas físicas e suas relações. Aspectos essenciais são identificados e justificativas físicas são oferecidas.	<i>Então o problema do i é que ele é um escalar. E se eu quiser ser mais preciso eu preciso usar um vetor (j, densidade da corrente).</i>
	M1 Modelização	Idealizações, aproximações e seleção de variáveis relevantes são bordadas de maneira explícita.	<i>Se a carga estiver concentrada num ponto fica difícil. Mas supõe que ela seja uma bolinha.</i>
Interpretação ↑		Estruturas matemáticas são interpretadas fisicamente. Casos particulares e limites são comumente utilizados.	<i>O que significa integrar em dy? [...] O que essa expressão fala? [...] O que acontece se x, y, z forem nulos?</i>
Técnica ↶	T2 Entendimento conceitual	Explicações conceituais para regras e procedimentos matemáticos são dadas. A justificativa é somente matemática	<i>Imagina um vetor r qualquer de componentes x y z. Se você fizer essa conta, isso dá $x^2 + y^2 + z^2$ que é igual ao módulo do vetor ao quadrado.</i>
	T1 Manipulação e Autoridade	Manipulações técnicas são realizadas e argumentos de autoridade são evocados. Postura displicente.	<i>Agora você está autorizado a virar a manivela matemática. Então joga lá e começa a manipular</i>

Visual	V2 Pictórico	Desenhos, diagramas e esquemas são utilizados como fonte de explicação.	<i>A carga positiva cria um campo amarelo assim (desenha). A negativa cria um campo laranja assim</i>
	V1 Gestual	Gestos desempenham um papel essencial para a construção de significados.	<i>O objeto matemático adequado para descrever coisas que fazem assim (gira o dedo) é o rotacional.</i>
Analogia	A2 Formal	Semelhanças e diferenças formais são destacadas. Caráter unificador de estruturas matemáticas é esclarecido	<i>Eles pegaram essa formulação matemática e utilizaram em situações diversas. [...] Mas existem diferenças importantes.</i>
	A1 Material	Diferentes situações cotidianas, analogias e metáforas são utilizadas para a significação de conceitos abstratos	<i>Cachorro sabe calcular gradiente? Sabe. [...] Como ele consegue achar um bife numa sala escura?</i>
Dedução		Aspectos do caráter lógico-dedutivo do conhecimento físico são mencionados. Fórmulas são deduzidas a partir de princípios físicos.	<i>A lei de Gauss inverte a ordem lógica dessas duas afirmações. Ela eleva a constância do fluxo a uma verdade maior do que aquela (Lei de Coulomb).</i>
Epistemologia		Discussões filosóficas são conduzidas. Diversos aspectos do fazer física são problematizados.	<i>Na física a gente usa a matemática de um jeito bastante intuitivo. O nosso pensar é mais ligado ao mundo material.</i>
Metacognição		Estudantes são encorajados a refletirem sobre seus	<i>Essa confusão ocorre sempre com todo mundo que estuda</i>

	próprios pensamentos. Dificuldades para a compreensão de conceitos abstratos são frequentemente explicitadas.	<i>esse negócio. E se ela não ocorreu com você, é porque você não percebeu isso ainda. Ela está ocorrendo e você não sabe.</i>
--	---	--

Fonte: Karam (2012, p. 177).

Outro aspecto interessante está nas justificativas dadas pelo professor para cada categoria proposta, coletadas por Karam (2012) por meio de duas entrevistas feitas, cujas aulas estavam sendo analisadas. Apresentamos a seguir uma tabela com o resumo das justificativas.

Quadro 5 - Resumo das justificativas apresentadas pelo professor analisado para as categorias.

Categories	Justificativas/crenças/experiências
Matematização explicitada	É preciso explicitar para o aluno que o nosso discurso é uma construção; Eu fico feliz em fazer isso na aula; Essa relação é mais construída do que a gente costuma acreditar; A física e o discurso do conhecimento são representações do mundo; Essa representação ela é falha, necessariamente, porque ele pega apenas um pedaço da nossa relação com ele.
Importância da interpretação	Escolismo: O conhecimento deixa de ser propriedade sua e passa a ser a moeda de você poder ter sucesso na escola; O dedo serve para apontar para a lua, o bobo olha para o dedo e uma pessoa inteligente olha para a lua; Esse construto do resultado formal é um dedo; Se você parar lá, você deixou de fazer tudo; Na expressão final você vê que existe um diálogo bizarro entre os vários elementos.
Papel da abordagem operacional da matemática (técnica)	Isso em física é absolutamente importante; A aula é uma janela que você oferece para o estudante; Eu sinto que na aula não dá para ensinar isso, a prática é necessária; Consenso implícito e falso: se o professor fizer a conta inteirinha na lousa, aquilo é uma aula boa; Ensinar somente as coisas formais é uma violência, parece um ritual eclesialístico que você é obrigado a acreditar;

	Razão para postura displicente: é uma atitude política de mostrar isso é só uma parte; Ensinar isso daí é fácil porque você não precisa criticar o que você está fazendo; São as unanimidades da física (conta), todo mundo vai fazer meio igual; Problema dos livros texto; Quando você dá a matemática você está dando o oficial.
Representações visuais (gestuais e pictóricas)	O conhecimento da física é silencioso; É o movimento contrário do poema (José Paulo Paes); A imagem que você tem da natureza é importante; Ela não é uma imagem visual, é pertencente a um outro espaço platônico que a gente tem na cabeça.
Uso de analogias, metáforas e situações cotidianas	A noção de gradiente foi tirada do mundo; Os físicos que fizeram as coisas formais olharam primeiro para o mundo; O que os alunos apreciam é a postura frente ao conhecimento; Isso tem a ver com a minha trajetória pessoal porque eu estou tentando fazer com que as pessoas não sofram o que eu sofri; Poema que representa a intuição sobre o que é a educação formal (palavra, palavra, palavra).
Demonstrações nas aulas	A minha sensação quando demonstraram coisas na minha frente é que ela é muito mais sociológica do que lógica; Esse cara estudou bastante, ele é uma pessoa honesta, então o que ele está fazendo é correto. Mas eu não consigo seguir aquelas coisas e ser crítico; Eu acho que a demonstração não permite a crítica e para a física é muito mais importante você ter uma intuição do teorema; Muitas vezes se trata da demonstração de uma técnica e não de uma coisa que traga um conteúdo epistemológico sobre o tema central do curso; Essa é a diferença, tem hora que sim e hora que não.
Discussões epistemológicas nas aulas	A separação entre física e epistemologia é artificial; Se você praticar um pouco, verá que a epistemologia está em todo lugar; Tem um preconceito aí, então essa discussão na aula é uma defesa contra o preconceito; Eu sei que você não

	pega todo mundo, mas tem uns caras que são mais sensíveis a esse tipo de coisa e pra eles isso é bom.
Importância da metacognição (“isso não é fácil” e quadro resumo)	O que sempre me surpreende na educação é que muitas vezes as pessoas apresentam uma coisa que pra elas foi muito difícil de aprender, como se fosse fácil; Se você fala “veja como isso é fácil”, inibe a pergunta; Ela (pergunta) é incipiente, se manifesta com dificuldade; O ícone do curso são as equações de Maxwell mais a força de Lorentz; Não é fácil para gente perceber essas unidades. Isso pra mim foi difícil; O quadro [refere-se a um quadro resumo feito pelo professor na lousa] é um instrumento unificador, é um foco.

Fonte: Karam (2012, p. 202).

Notamos que o professor analisado não esteve preocupado em apresentar o conteúdo como um produto pronto e acabado, justificando em diversos momentos que tais abordagens possuem o objetivo de facilitar a apropriação dos assuntos, e mais do que isso, contribuir para que os estudantes possam compreender como a Matemática se faz presente na Física para dar sentido ao mundo e auxiliar os físicos entendendo.

As categorias apresentadas por Karam (2012) nos dão um aporte teórico para compreender as reflexões dos estudantes, já que nos mostram uma gama de possibilidades em que a Matemática pode se fazer presente ao pensarmos o EF, ainda que no contexto do ensino superior. A própria presença ou não de alguma(s) categoria(as) pode sugerir uma concepção mais ferramental ou estrutural sobre a Matemática na Física. Dessa forma, podemos atentar nossa busca para quais aspectos das categorias foram levantados pelos licenciandos, a relação entre eles e o posicionamento epistemológico que sugerem, e indicar como esse posicionamento está se materializando em situações de reflexão dos licenciandos. Voltaremos a explorar essas ideias no capítulo 3 referente à metodologia.

Na unidade seguinte apresentamos uma perspectiva kuhiana que nos dá uma compreensão sobre o modo como a linguagem matemática aparece na formação do físico. Com isso podemos entender melhor como a própria formação de um físico dentro de determinado paradigma poderia levar a determinados posicionamentos epistemológicos em relação ao papel da Matemática na Física e conseqüentemente em seu ensino.

2.2 A LINGUAGEM MATEMÁTICA EM UMA PERSPECTIVA KUHNIANA

Frente a visões antagônicas sobre o papel da linguagem matemática no EF (instrumental/técnico e estrutural), nessa seção buscamos compreender as especificidades que a relação Física/Matemática assume na concepção epistemológica de Thomas Kuhn. Nossa análise baseia-se principalmente na noção de *exemplar*, por estar diretamente relacionada com a questão da resolução de problemas matemáticos, com atenção especial à sua concepção de linguagem. Apesar de o ponto central na obra de Kuhn não ser discutir uma concepção de linguagem, ela acaba aparecendo quando o autor analisa a formação de um físico dentro de determinado paradigma, e é nessa concepção que estamos interessados.

A epistemologia kuhniana se torna importante para nos proporcionar um embasamento teórico para abordagem do problema dessas concepções no EF, uma vez que coloca a questão da formação do físico como parte de uma teorização epistemológica sobre o desenvolvimento da própria Física. Ao dar uma explicação para a tradição do modo como a Matemática aparece na formação do físico, nos fornece indicações para compreender a formação da concepção instrumental da Matemática e compor subsídios para superá-la.

Os principais aspectos da teoria kuhniana do desenvolvimento científico encontram-se bem apresentados na literatura em diferentes leituras de sua obra (ZYLBERZTAJN, 1991; OSTERMANN, 1996). No entanto, pouco notada é a importância que a linguagem assume em sua teorização (BIRD, 2002; READ, 2004). Um dos aspectos singulares de seu trabalho é a relevância que o social adquire na sua teorização epistemológica⁴. Não um social “exterior”, mas interior à própria produção da ciência, que a caracterizaria enquanto tal: o fato de se dar em comunidades que partilham diversos aspectos em comum, entre eles, modos de cognição e valores específicos. É considerando esse aspecto que podemos buscar uma compreensão da relevância, do papel e das especificidades da concepção de linguagem presente na obra de Kuhn. E é justamente nesse sentido que Kuhn aborda a educação científica na sua teoria da ciência, como componente da formação das “comunidades linguísticas” (KUHN, 2006, p. 95), do que é por elas compartilhado.

⁴ Talvez o aspecto que mais assemelhe sua obra à de Fleck. Cf. Kuhn (2006), p. 342.

Na tentativa de compreender como é possível a comunicação entre membros de uma mesma comunidade científica, Kuhn (2011b) levanta a questão: “que elementos compartilhados respondem pelo caráter relativamente não problemático da comunicação profissional e pela relativa unanimidade do juízo profissional?” (p. 315). Em outras palavras, o que faz com que uma comunidade científica, sob a ótica de um mesmo paradigma, permita que os profissionais comuniquem-se entre si sem grandes problemas e como eles fazem para julgar de maneira tão unânime sua prática profissional?

Com objetivo de esclarecer o termo *paradigma*, Kuhn chama estes elementos partilhados como constituintes da *matriz disciplinar*, sendo este termo agora utilizado para designar um sentido global de significado de *paradigma*, que corresponde a todos os compromissos compartilhados entre um grupo científico. Desta forma o autor destaca quatro principais elementos constituintes de um paradigma: generalizações simbólicas, modelos, valores e exemplares.

Kuhn chama de modelos as analogias e metáforas que de maneira geral são de comum acordo entre os integrantes de determinada comunidade científica. Exemplos de tais analogias seriam o circuito elétrico visto como um sistema hidrodinâmico em equilíbrio e moléculas de determinado gás com comportamento similar ao de bolas de bilhar movendo-se aleatoriamente. Já os *valores* estão relacionados, por exemplo, a momentos de identificação de crises no empreendimento científico, e na escolha sobre teorias distintas. Para o autor, valores como predições acuradas e quantitativas são mais comuns de serem partilhadas por cientistas. Porém alguns valores variam de cientista para cientista, como coerência interna e plausibilidade de uma teoria. A importância dos valores partilhados e não partilhados aparece quando Kuhn escreve que “se todos os membros de uma comunidade respondessem a cada anomalia como se esta fosse uma fonte de crise ou abraçassem cada nova teoria apresentada por um colega, a ciência deixaria de existir” (KUHN, 2011a, p. 233). Ou se “ninguém reagisse às anomalias ou teorias novas, aceitando riscos elevados, haveria poucas ou nenhuma revolução” (KUHN, 2011a, p. 233). Mas afirma que os valores partilhados muitas vezes controlam os individuais, desempenhando um papel importante no desenvolvimento científico.

É importante frisar que as noções de generalizações simbólicas, modelos, valores e exemplares na teoria de Kuhn têm um componente cognitivo associado a componentes não cognitivos propriamente ditos. No entanto, mesmo os componentes cognitivos, Kuhn não está pensando numa cognição individual partilhada, mas numa cognição que é social, tal

sua relação com as noções de paradigma e de comunidade, e que se torna individual pela formação inicial que os cientistas recebem.

Mas aqui estamos interessados em compreender melhor a relação entre as *generalizações simbólicas* e os *exemplares*⁵. Para o autor, as *generalizações simbólicas* são um tipo importante de componente do paradigma, sendo estas os símbolos que podem ser manipulados de maneira lógica ou matemática, e que possuem uma dimensão semântica, mas não correspondente à realidade. Estas generalizações podem ser encontradas sob a forma simbólica: $f = ma$ ou em palavras: “os elementos combinam-se numa proporção constante a seus pesos” ou “a uma ação corresponde uma reação igual e contrária”. Para Kuhn, se estas expressões não fossem compartilhadas pela comunidade científica em um mesmo paradigma, os membros do grupo não teriam pontos de apoio para aplicação das “poderosas técnicas de manipulação lógica e matemática no seu trabalho de resolução de enigmas (KUHN, 2011a, p. 229)”. No curso de seu raciocínio, ainda argumenta que “o poder de uma ciência parece aumentar com o número de generalizações simbólicas que os praticantes têm ao seu dispor (KUHN, 2011a, p. 229)”. Este autor sugere que além do poder de resolução de enigmas há um significado cognitivo às generalizações simbólicas. Além de apresentar uma lei da natureza para a comunidade científica “as generalizações simbólicas funcionam como parte das definições de alguns símbolos que elas empregam (KUHN, 2011a, p. 230)”.

Mas antes de o cientista em treinamento poder trilhar seu caminho por suas próprias pernas, ele deve aprender a escrever a “forma particular de $f = ma$ que se aplica, digamos, às cordas vibrantes, ou a forma particular da equação de Schroedinger que se aplica, digamos, ao átomo de hélio num campo magnético” (KUHN, 2011b. p. 318). Ele chama essas formas específicas de *formas interpretadas* da generalização simbólica. Mas deixa claro que independente do procedimento que o cientista emprega ele não pode ser “puramente sintático⁶” (KUHN, 2011b. p. 319).

A noção de interpretação de Kuhn é muito importante porque,

⁵ Os exemplares são os problemas de final de capítulo dos manuais científicos que os estudantes devem resolver durante sua formação para se apropriarem de um paradigma.

⁶ Sistema sintático: sistema de leis que permite estudar uma linguagem puramente sob o seu aspecto formal, sem referência à significação ou ao uso que dela se faz. Ou seja, há também um componente semântico ligado ao conteúdo empírico das generalizações simbólicas.

compreendida no contexto de sua obra, torna-se muito diferenciada da ideia corrente de interpretação, aquela compreendida como processo subjetivo e consciente, cuja origem está no sujeito livre e autônomo. No entanto, quando Kuhn chama essas equações *de interpretadas*, o fato de estarem associadas a *exemplares*, implica que a interpretação, ou seja, a associação feita pelos cientistas entre as formas simbólicas e a natureza, não é de cunho individual ou subjetivo e nem totalmente consciente. Ao utilizar-se de exemplares, para os quais terá que utilizar uma generalização interpretada, o futuro físico está incorporando interpretações da natureza já investidas em *práticas de uso de símbolos*, e, portanto, de linguagem em funcionamento, da linguagem em uso, ainda que se tratasse de um uso não verbal⁷ e suas significações estão sendo aprendidas indiretamente. A própria consciência do que está acontecendo no processo de ensino pode ser questionada, já que “as soluções de problemas desse gênero são vistas como meras aplicações da teoria já aprendida” (KUHN, 2006, p. 209). No entanto, para este epistemólogo, “resolver problemas é aprender a linguagem de uma teoria e adquirir o conhecimento da natureza embutido nessa linguagem” (KUHN, 2006, p. 209). Na visão kuhniana, os *exemplares* possuem o papel de ensinar aspectos que levaram o estudante a adquirir um paradigma. Mas esse ensino é um ensino tácito, ou seja, não explicitado, que funcionaria por mecanismos de *gestalt*, um mecanismo que informa ao futuro físico quais similaridades procurar dado um contexto a ser analisado. O estudante não aprende por repetição mecânica, mas por ostensão, por exposição a uma série paradigmática. O estudante está aprendendo, tacitamente, a ver o mundo, a realidade empírica, sob certa perspectiva. É esta visão que precisa ser compartilhada para a existência de uma comunidade científica. Portanto, os exemplares têm uma função importante, pedagogicamente, no compartilhamento da visão de mundo necessária para se tornar um físico, ou seja, parte de uma comunidade num determinado momento histórico de seu desenvolvimento. Por isso Kuhn também aponta o fato dessa educação, para a formação de cientistas numa ciência paradigmática como a Física, se dar por meio de manuais, e não originais, como em outros campos, e aqueles isentos da historicidade e do caráter revolucionário do próprio desenvolvimento científico.

O aspecto cognitivo atribuído às generalizações simbólicas mostra que a linguagem matemática tem a função de estruturar o

⁷ Trata-se da concepção de linguagem do segundo Wittgenstein, para quem o sentido da linguagem não estaria nas palavras ou frases, mas no seu uso numa forma de vida.

pensamento físico quando associada a exemplares, que também possui uma dimensão cognitiva embutida, pois são eles que estabelecem a correspondência entre linguagem e realidade, e não um a um, mas pela ostensão, pela percepção gestáltica das similaridades. Se tentarmos definir de maneira precisa alguns símbolos de antemão, ou seja, antes de aplicar as generalizações simbólicas a diversos e diferentes casos, este se torna um trabalho bastante árduo e pobre de significado. Para Kuhn, é o uso de uma relação como $\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$, para situações diferentes,

adquirindo formas específicas que estabelecem a relação interpretativa, embora tácita, entre linguagem e mundo. Esse uso tanto para problemas exemplares de lápis e papel quanto para problemas de laboratório não serve apenas para pôr em prática o que o estudante já sabe. Para o autor é esse uso que faz com que os cientistas aprendam a seccionar os parâmetros relevantes, como forças, massas, e acelerações de determinada situação. É um processo em que o estudante gera significado à linguagem juntamente com exemplos concretos de como funcionam na prática.

É também por este caminho que Kuhn busca explicar a importância dos manuais científicos⁸ na manutenção do paradigma ao formar novos cientistas. O autor mostra com isso, o quanto é importante, na ciência, o controle sobre a interpretação da natureza (futuros cientistas não são expostos a problemas que ainda não foram resolvidos como exercício). Ele admite perceber que definições de termos como ‘força’ e ‘massa’, ‘mistura’ e ‘composto’ raramente eram ensinados, pois geravam controvérsias entre os cientistas. Porém, “os cientistas aprendiam ao menos modos padronizados de resolver um leque de problemas em que apareciam termos como ‘força’ e ‘composto’.” (KUHN, 2011b. p. 19). Kuhn aponta com isso uma das formas de controle sobre os sentidos, visando sua manutenção, reprodução e formação de uma comunidade. Apropriando-se destes exemplos padrões, os cientistas não precisariam estar de acordo com relação à definição de cada termo, mas poderiam desenvolver suas pesquisas baseando-se neles. Tais exemplos estão relacionados com métodos e com problemas de lápis e papel, em que a linguagem matemática, apesar de ser parte fundamental, está inserida num processo tácito de interpretação, não explicitamente trabalhado no ensino, não devidamente verbalizado. O próprio autor reconhece que na prática

⁸Manuais científicos são os materiais em que se encontram estes modos padronizados, que são utilizados para se ensinar e aprender os problemas que a profissão acabou aceitando como paradigmas.

esse processo é complicado e quase nunca é notado.

A ideia de que os conceitos estão intrinsecamente embutidos nas expressões simbólicas e nas práticas de resolução de exemplares, e que muitas vezes elas mesmas servem como definições para os conceitos é bastante importante. Isto implica que a matematização está associada à recorrência e tradição de uma prática, e que muitas vezes substitui aspectos do pensamento e as discussões explícitas sobre o aspecto conceitual dos fenômenos e o trabalho de interpretação da natureza que ficou implícito no exemplar.

O trabalho de Kuhn aponta para a ideia de que, mais do que a simples aquisição de uma ferramenta, a matematização da Física implicou na mudança de concepção do que seria uma explicação científica e o que seria um critério de validade em uma teoria científica no estudo da natureza. Seu papel não apenas é constitutivo do pensamento, quanto envolve valores. E está, para a constituição da comunidade, envolvido em práticas de interpretação não totalmente conscientes pelos seus atores. Práticas social e historicamente construídas e estabilizadas.

2.3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

No final do capítulo 1 propomos algumas questões que tentaríamos responder neste capítulo, e que nos ajudaram a delimitar melhor nossa pesquisa, a saber: se a Matemática é mais do que um simples instrumento para o físico, como podemos compreendê-la se estamos interessados no EF? Como essa compreensão poderia subsidiar práticas diferenciadas de ensino? Em se tratando da formação de professores, quais motivos além dos já apresentados podem estar relacionados à propagação da visão reducionista (ferramental) sobre a Matemática na Física? Como poderíamos compor subsídios para superá-las?

Recorrendo ao capítulo 1 relembramos que por meio de aspectos históricos, sociológicos e posicionamentos filosóficos de cientistas, argumentamos que a Matemática está longe de ser para o físico, pelos menos na Física contemporânea, um simples instrumento quantificador ou descritivo a respeito da natureza. Mesmo que não muito bem compreendida ela tem uma relação mais íntima com o mundo físico. Nesse contexto no tópico 2.1 argumentamos a favor da ideia da Matemática como estruturante da Física, como instrumento de pensamento dos físicos, numa perspectiva de linguagem. A Matemática então seria uma linguagem que permite ao físico dar significado ao mundo. Cabe destacar que ao longo dessa dissertação tentamos argumentar que a Matemática não seria a única linguagem necessária para

dar significado ao mundo, pois outras formas de linguagem como a gestual, a pictórica ou mesmo a verbal também são importantes, na medida em que se complementam.

Adeptos à perspectiva da Matemática como linguagem estruturante da Física, buscamos entender e evidenciar as especificidades dela no contexto da Física por meio da distinção entre *habilidades técnicas* e *estruturais* como exemplificado do tópico 2.2. Como argumentamos, saber manipular operações dentro das regras da linguagem matemática não parece ser suficiente para a compreensão física das teorias estruturadas matematicamente. A perspectiva kuhniana também corrobora com essa conclusão, quando Kuhn escreve que ao apropriar-se do paradigma científico (Físico) por meios de exemplares não estão em jogo apenas aspectos sintáticos, mas também semânticos relacionados a presença da Matemática durante esse processo. No EF essa constatação ganha um contorno muito especial, pois uma dificuldade de aprendizado que geralmente é atribuído somente a conhecimentos do interior da Matemática também faz parte do mundo físico. Como bem evidenciado por Pietrocola (2002), um dos atributos essenciais do educador “é perceber que não se trata apenas de saber matemática para poder operar as teorias físicas que representam a realidade, mas de saber apreender teoricamente o real através de uma estruturação matemática.” (p. 106), ou por Feynman, Gottlieb e Leighton (2008) no livro intitulado *Dicas de Física do Feynman* ao escreverem que “O que nós temos que aprender mesmo é como aplicar a matemática à Física para entender o mundo”. (p. 76).

Essa especificidade da Matemática na Física implica em uma postura didática diferenciada por parte dos professores de Física. O desenvolvimento de habilidades estruturais é um dos objetivos do EF, mas nos parece que não é totalmente consciente. Como apresentado na Tabela 1, o desenvolvimento de tais habilidades implica na articulação de uma gama de conhecimentos que estão além da manipulação correta de estruturas matemáticas.

Mesmo assim ainda é generalizada a ideia de que a Matemática seja um simples instrumento/ferramenta do físico. Por isso buscamos entender melhor o desenvolvimento do empreendimento científico na perspectiva kuhniana, especialmente na forma como as comunidades científicas se apropriam da “linguagem científica”, ou melhor, da forma científica de ver o mundo, segundo a Física. Para discutirmos sobre alguns aspectos relacionados a essa apropriação, vamos considerar a representação esquemática (Figura 8) do processo de modelização na Física desenvolvida por Uhden et al. (2011) já apresentado no tópico 2.2.

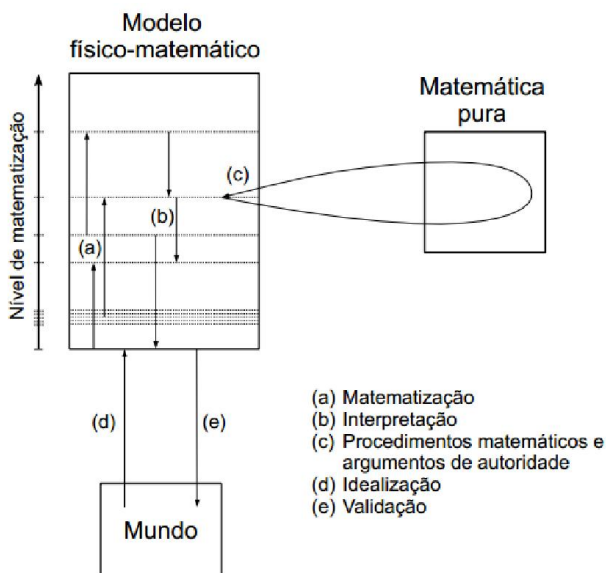


Figura 8 – Processo de modelização proposto por Uhdén et al. (2011, p. 499) levando em consideração as imbricadas relações entre a Matemática e a Física.

Como exposto neste tópico, para Kuhn os exemplares são problemas já resolvidos pela comunidade que, tomados como paradigmáticos, têm objetivo de inserir o futuro cientista no paradigma. Tais problemas (exemplares) já passaram pelo processo de abstrações e idealizações resultados do processo de modelização uma vez que o futuro cientista não resolve um problema que já não tenha sido resolvido pela comunidade. Isso significa que os passos (d) e (e) da Figura 5, que dizem respeito a processos de idealização e validação respectivamente, já foram feitos. Logo, para resolver o exemplar o cientista em formação acaba se restringindo aos processos (a), (b) e (c), correspondentes respectivamente a processos de matemáticação, interpretação e procedimentos matemáticos e argumentos de autoridade, respectivamente. Além disso, estes últimos muitas vezes acabam acontecendo de maneira implícita durante sua formação, ou seja, não ocorrem de maneira totalmente consciente por parte do estudante, também porque muitas vezes tais aspectos não lhes são devidamente explicitados, verbalizados. Desse modo, tomando as palavras de Kuhn (2011a), “as soluções de problemas desse gênero são vistas como meras aplicações da teoria já aprendida.”

(p. 209, grifo nosso). Dado o contexto, nos questionamos se a falta de explicitação nos processos de ensino de aspectos presentes nos exemplares, especialmente no que diz respeito ao recorte que o modelo implica em uma situação real, não seria um fator a contribuir para visões reducionistas sobre o papel desempenhado pela linguagem matemática na Física.

Além da hipótese anterior, há também o problema apontando por Pinheiro, Pinho-Alves e Pietrocola (2001) de que o processo de construção de modelos matemáticos (modelização) quase nunca é abordado no ensino, pois quase sempre são apresentados modelos prontos aos estudantes, encarados como correspondentes diretos da realidade, sem nenhum tipo de contextualização histórica. Como consequência dessa prática, Machado (2009) aponta que a dificuldade apresentada por “licenciados em contemplar as operações de idealização e abstração de forma explícita em suas propostas [de modelização] pode ser compreendida pela própria formação específica destes licenciados”, já que, tradicionalmente, eles são expostos a situações previamente modelizadas, que poderíamos chamar de exemplares na linguagem kuhniana. De acordo com Custódio (2007) “uma mudança de atitude requer a apresentação de situações físicas não modelizadas, em forma bruta, não totalmente idealizadas e abstraídas (p. 220)”. As práticas de modelização no EF certamente são alternativas importantes na formação dos licenciandos, no que diz respeito ao estabelecimento de outra experiência envolvendo a linguagem matemática na produção da compreensão física sobre a realidade.

No entanto, os exemplares possuem um papel positivo na formação de físicos como afirma Zylberstajn (1998), com base em Kuhn. Portanto, não se trata de substituir essa prática, mas aprimorá-la. De acordo com Pietrocola (2002), “gerações de cientistas, físicos em particular, têm se submetido a um processo de formação que inclui a modelização matemática cuja consciência, muitas vezes, só ocorre quando se iniciam nas pesquisas (p. 106)”. Assim, se considerarmos que os estudantes no uso de exemplares estão se utilizando de interpretações já interpretadas, sobre as quais não têm consciência ou, em outras palavras, tomando contato apenas com modelizações prontas, além da alternativa de construir modelizações, outra possibilidade seria enxertar disciplinas de Física com discussões inseridas na própria prática de resolução de problemas que revelassem aos estudantes os aspectos implícitos nos modelos que estão utilizando como exemplares, bem como dos processos também implícitos que estão associados ao uso da matemática envolvido no próprio processo de dar sentido ao mundo. No modelo representado

pela Figura 5, isso corresponderia a explicitar, discutir, verbalizar, além dos passos (a), (b) e (c), também aspectos dos passos (d) e (e). Perceber os aspectos relevantes que as estruturas matemáticas têm em determinado modelo físico-matemático, ou seja, seu caráter estruturante, está relacionado a perceber as abstrações e idealizações envolvidas nestes passos. De acordo com Zylbersztajn (1998, p. 7) *“Trata-se, antes de tudo, de mudar a postura docente, no sentido de que a resolução de um problema passe a ser encarada como uma situação na qual as bases conceituais devem ser explicitadas e discutidas”* (itálico do original). Vejamos um exemplo para ilustrar o que estamos argumentando.

2.3.1 UM EXEMPLAR⁹

O enunciado a seguir, ou exemplar em termos kuhnianos, poderia ser facilmente encontrado em qualquer livro destinado ao EF do nível superior, ou mesmo algum destinado ao nível médio.

Considere um objeto imerso em um fluido se movendo em uma trajetória circular horizontal. Encontre uma expressão que determina o raio de curvatura do objeto em função de sua velocidade na iminência do escorregamento. Considere a força de aderência do objeto sobre a trajetória ao realizar a curva proporcional ao quadrado de sua velocidade.

O exercício solicita que se deduza uma expressão matemática dadas determinadas condições físicas. Com o contexto do capítulo de estudo em questão ou do próprio assunto da aula, poder-se-ia concluir que o exemplar trata da “aplicação” da Segunda Lei de Newton ($\sum \vec{F} = m\vec{a}$), um problema de mecânica clássica. Sua resolução consiste basicamente em selecionar as forças que atuam sobre um objeto que está em movimento curvilíneo sem deslizar. Uma abordagem possível para resolver o problema seria como descrito a seguir. Poder-se-ia montar um diagrama de forças como o apresentado na Figura 9, listar os modelos matemáticos relacionados a tais forças e aplicar a Segunda Lei de Newton para as direções vertical e radial.

⁹ A elaboração deste exemplo foi inspirada no projeto temático desenvolvido por Taves, Martarello e Santos (2010).

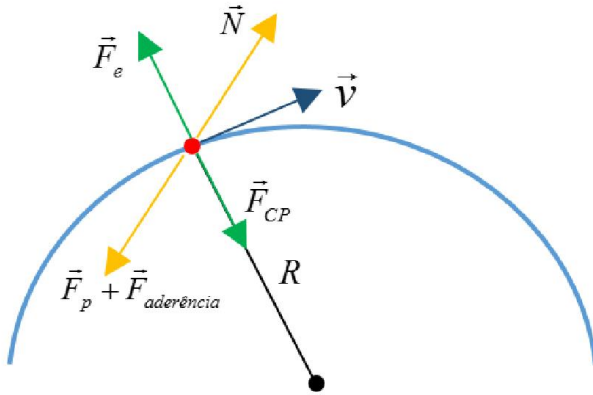


Figura 9 – Diagrama de forças do problema proposto.

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A equação que relaciona ambas as variáveis solicitadas pelo problema, velocidade (\vec{v}) e raio (R) da trajetória, é dada pela força centrípeta ($\vec{F}_{cp} = \frac{mv^2}{R} \hat{r}$) na radial, onde m é a massa do objeto. Como ele não pode deslizar, essa força deve se igualar à força de atrito estático existente entre o móvel e o contato com o solo, dada pela relação $\vec{F}_e = \mu_e \vec{N}$, onde μ_e é o coeficiente de atrito. Já na vertical, as forças que atuam sobre o objeto são a força peso, dada por $\vec{F}_p = m\vec{g}$, onde \vec{g} é a aceleração da gravidade, e a força normal, dada por $\vec{N} = -\vec{F}_p$. O enunciado ainda indica outra força a ser considerada, que está relacionada com a aderência do objeto sobre a trajetória, dada por $\vec{F}_{aderência} = b\vec{v}^2$, onde b é uma constante de proporcionalidade. Por se tratar de uma força de aderência, poder-se-ia concluir que ela tem a mesma direção e sentido da força peso. Identificadas as forças, bastaria “aplicar” a Segunda Lei de Newton na vertical e na radial, considerando que o objeto não varia sua velocidade na radial e não se move na direção vertical, como segue:

Vertical:

$$\sum F = ma \rightarrow \sum F = F_p + F_{derência} - N = 0 \rightarrow N = mg + bv^2.$$

Radial:

$$\sum F = ma \rightarrow \sum F = F_{cp} - F_e = 0 \rightarrow \frac{mv^2}{R} = \mu_e N.$$

Como as duas expressões têm a normal \vec{N} em comum é possível realizar uma substituição de variáveis e chegar à seguinte expressão que relaciona o raio da curvatura em função da velocidade do objeto:

$$R = \frac{mv^2}{\mu_e (mg + bv^2)}.$$

A abordagem apresentada seria uma maneira de chegar ao resultado solicitado pelo exercício. Mesmo considerando que a teoria já teria sido trabalhada antes de sua resolução, não é difícil concordar que tanto o resultado quanto os procedimentos adotados para resolvê-lo como apresentado não explicitam alguns passos importantes para o entendimento conceitual que o problema envolve, ou mesmo da relação entre o exercício e uma situação real. No sentido kuhnyano o estudante estaria se apropriando da linguagem da Física enquanto forma de pensar, forma de ver e compreender o mundo, resolvendo uma série paradigmática de exercícios, o que poderiam ser chamados de exemplares. Apropriando-se desses exemplares o futuro físico seria capaz de resolver os problemas que surgirão quando estiver desenvolvendo pesquisas por suas próprias pernas, problemas ainda não resolvidos pela comunidade científica. Isso seria possível, pois o pesquisador teria como base as similaridades que identificar entre o novo problema e os que já resolveu. Porém, acreditamos que alguns aspectos importantes que podem melhorar a compreensão teórica e também sobre a própria natureza do conhecimento físico, permaneceriam implícitos nesse processo, como a correta identificação de conceitos relevantes que o problema exige, a relação que tais conceitos estabelecem com o fenômeno e com outros conceitos, as situações em que tais conceitos se aplicam ou não, o significado físico presente na estruturação matemática, a relação que determinado exemplar pode ter com uma situação real, entre outros aspectos, ficando a cargo do aluno a tarefa de uma compreensão mais

detalhada da situação física em questão, o que a nosso ver não é nada trivial.

No sentido que estamos argumentando, uma discussão inicial de caráter qualitativo poderia ser desenvolvida para explicitar os aspectos implícitos relacionados ao modelo matemático. Por exemplo: quais parâmetros podem influenciar o movimento de um objeto realizando uma curva? Quais forças podem estar envolvidas? Qual sua origem física? Quais parâmetros não mudam com o passar do tempo (são constantes)? Quais mudam (são variáveis)? O que eles representam? E as variáveis, o que representam? De que forma a mudança de uma variável influencia na outra? Uma discussão nesse sentido permite que os estudantes possam identificar os parâmetros que são relevantes à situação, e também na interpretação das relações físico-matemáticas, não só em termos físicos, mas em termos de idealizações e abstrações, ou seja, o que “dizem” ou não “dizem” sobre o fenômeno.

Pode-se também explorar a relação entre o exemplar e uma situação real e fazer algumas hipóteses a respeito do movimento e do resultado esperado. Por exemplo: quais situações reais o exemplar pode representar? No que implica a presença do fluido? Por quê? O que ele representa? Como é essa trajetória curvilínea? Como o raio da curvatura influencia no movimento no objeto? E da velocidade? Quais parâmetros podem alterar essa influência? De que forma? O móvel está com velocidade constante? Como esses parâmetros estão presentes no modelo matemático?

Apesar de não ser óbvio e nem existir uma única resposta para cada questão apresentada, a resolução do problema possibilita uma gama de possibilidade de discussões que podem auxiliar o estudante a compreender melhor os conhecimentos da Física e articular as relações físico-matemática com fenômenos. Poder-se-ia ainda, por exemplo, utilizar softwares¹⁰, dados obtidos na internet, ou a realização de atividades experimentais, para testar a aplicabilidade do modelo matemático encontrado como solução, ou ainda, contrastá-lo com uma situação real.

Por exemplo, se considerarmos que o objeto em movimento seja um carro realizando uma curva em uma pista seca de asfalto, encontramos na literatura o valor do coeficiente de atrito estático de aproximadamente 1,0 ($\mu_e = 1,0$) no caso de um pneu já desgastado (WERLANG;

¹⁰ Para a construção de gráficos pode-se usar por exemplo o software gratuito Modellus, disponível em < <http://modellus.fct.unl.pt/> >.

SILVEIRA, 2013). Com esse dado pode-se construir um gráfico comparando a influência de diferentes valores para a constante de proporcionalidade de aderência (b) no movimento do carro. Supomos ainda que os dois modelos matemáticos apresentados na Figura 7 (a seguir) foram construídos para verificar a influência da variável b (que representa constante de proporcionalidade de aderência em kg/m) para dois diferentes valores arbitrários ($b_1 = 3\text{ kg/m}$ e $b_2 = 4\text{ kg/m}$), sendo que os demais parâmetros (constantes) (massas $m_1 = m_2 = 700\text{ kg}$, o coeficiente de atrito estático entre o pneu e o asfalto $me_1 = me_2 = 1,0$ e a aceleração da gravidade $g_1 = g_2 = 9,81\text{ m/s}^2$) são idênticos. Com esses dados pode-se construir o gráfico mostrado na Figura 8.

The image shows a window titled "Modelo Matemático" containing two mathematical models. The first model, labeled "Curva Azul", has the equation $R1 = \frac{(m1 \times v^2)}{(me1 \times (m1 \times g1 + b1 \times v^2))}$ and parameters $b1 = 6$, $m1 = 700$, $me1 = 1$, and $g1 = 9.8$. The second model, labeled "Curva amarela", has the equation $R2 = \frac{(m2 \times v^2)}{(me2 \times (m2 \times g2 + b2 \times v^2))}$ and parameters $b2 = 7$, $m2 = 700$, $me2 = 1$, and $g2 = 9.8$.

Figura 10 – Modelos matemáticos desenvolvidos com o software Modellus para a construção do gráfico da Figura 8.

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

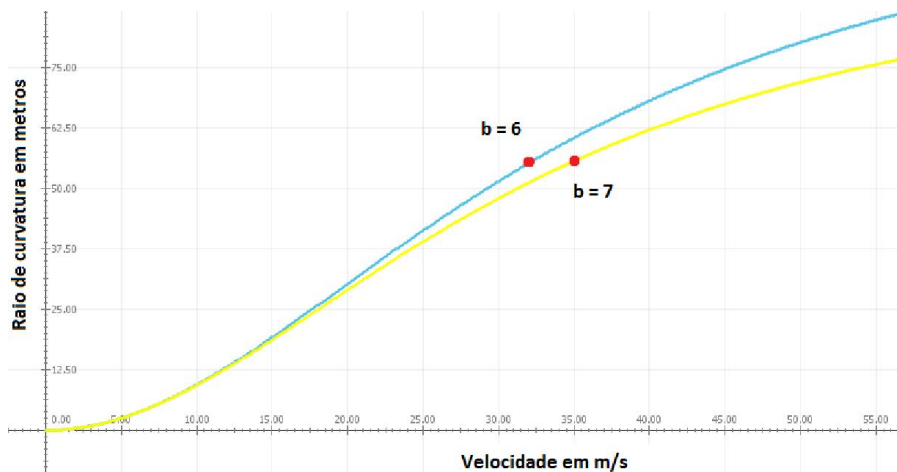


Figura 11 – Raio de curvatura em função da velocidade para determinado carro para diferentes valores de b em kg / m .

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Uma análise gráfica pode facilitar a conclusão de que com o aumento do valor da constante de proporcionalidade de aderência b , o carro pode realizar a mesma curva em uma velocidade maior. É possível concluir também que para baixas velocidades o efeito dessa constante é praticamente a mesma para ambas as situações, mas passa a ter uma grande influência na medida em que a velocidade aumenta. Por exemplo, comparando os dois pontos vermelhos do gráfico é possível perceber que um carro com o valor de $b = 7 \text{ kg / m}$ conseguiria realizar uma curva há aproximadamente 35 m / s (126 km / h) sem derrapar, enquanto que um carro com o valor de $b = 6 \text{ kg / m}$ conseguiria realizar a mesma curva com uma velocidade inferior de 32 m / s ($115,2 \text{ km / h}$) sem derrapar. Essa conclusão é bastante relevante ao se tratar do movimento de carros em curvas. Logo, esse aspecto pode suscitar a curiosidade de se saber o que de fato é o responsável por gerar essa diferença. Dessa forma pode-se desenvolver uma discussão sobre o assunto tentando levantar quais aspectos podem ser responsáveis por tal diferença. Podem-se listar por exemplo características como a experiência do piloto, o sistema de controle de suspensão, tipo de pneus ou mesmo a aerodinâmica do carro. Porém, quando nos voltamos a analisar o enunciado mais detalhadamente pode-se chegar à conclusão de que a constante b está relacionada com

efeitos aerodinâmicos, ou seja, com as características físicas do carro, uma vez que essa constante está ligada a uma força de aderência que o faz “colar” no chão ou não com o aumento da velocidade.

Uma análise semelhante poderia ser feita por exemplo para avaliar a influência de diferentes fatores como de coeficiente de atrito estático (por exemplo, comparar com uma pista molhada), para diferentes massas, e para a gravidade. Poder-se-ia também por meio de dados obtidos sobre as velocidades de carros realizando curvas, determinar a constante b que melhor se adequa a determinada situação, ou ainda, analisar o que aconteceria com o carro caso se movesse no vácuo. Não é nosso objetivo aqui esgotar as possibilidades que podem ser usadas para explicitar as bases conceituais durante a resolução de exemplar. Queremos argumentar que abordagens desse tipo podem clarificar a compreensão conceitual, podem mostrar aspectos relativos à própria construção do conhecimento científico e também auxiliar o estudante a tomar consciência do papel desempenhado pela Matemática na compreensão do mundo físico. Em termos kuhnianos, abordagens desse tipo estariam trabalhando passos relacionados a interpretação da generalização simbólica de forma progressiva, de maneira menos direta e abstrata, antes de se chegar à equação interpretada resultado da resolução do exemplar. Dessa forma estar-se-ia trabalhando os aspectos relacionados ao processo de modelização proposto por Uhden et al. (2011) de maneira explícita, progressiva e menos abstrata.

Acreditamos também que por diversos e diferentes motivos abordagens mais esmiuçadas como a apresentada não possam e não devam ser realizadas o tempo todo durante aulas de Física, tanto no ensino superior quanto no ensino básico. Além disso, à medida que avança em seus estudos, o estudante deve desenvolver a capacidade abordar problemas de maneira mais direta e mais abstrata, mas isso não significa que ele tenha que chegar nesse nível por si só. É papel do professor de Física desenvolver condições para que esse objetivo seja atingido. Mesmo assim deve ter condições de interpretar fisicamente os procedimentos e resultados físicos relacionados aos passos que desenvolve se necessário.

Acreditamos que questões parecidas poderiam ser incorporadas em atividades solicitadas pelos estudantes quando se trata da resolução de problemas ou mesmo durante explicações teóricas. É preciso ter consciência de que em nada adianta um amontoado de conteúdos que não geram significado para os estudantes, especialmente quando consideramos o ensino básico, pois o conhecimento científico não deve ser visto como algo válido apenas no círculo escolar para a ascensão de

nível dos estudos. Ela deve, entre outros, munir o estudante de um conhecimento capaz de explicar os fenômenos que os cerca de maneira satisfatória, dando condições para que ele possa discernir o conhecimento científico de outras formas de conhecimento, como as pseudociências (astrologia, numerologia, ufologia, efeito lunar, entre outros).

Além disso, no contexto de uma formação profissional, como é o caso das graduações, podemos complementar nossa argumentação com um importante apontamento resultado da investigação de Ataíde (2012). Segundo ela, parece existir uma forte relação entre a visão que os estudantes de nível superior têm a respeito da linguagem matemática na construção do conhecimento físico com seu desempenho, especialmente na resolução de problemas. Segundo a autora, estudantes que resolveram problemas por tentativa e erro têm uma visão da Matemática apenas como ferramenta da Física. Ou ainda com trabalhos como de Almeida (2004) que apontam para problemas relacionados a formação de professores acerca da pouca clareza em relação ao papel desempenhado pela Matemática na Física no ensino básico. Segundo ela isso implica no desenvolvimento de práticas de ensino que privilegiam a linguagem Matemática em aulas de Física deixando pouco ou mesmo nenhum espaço para discussões e interpretações que possam de fato contribuir para a compreensão de fenômenos presentes em sua vida ou mesmo de que possam proporcionar uma visão mais ampla sobre o empreendimento científico.

Ou seja, é preciso desenvolver discussões que possam levar licenciandos a tomar consciência de: que a presença da Matemática na Física está muito além da simples quantificação e descrição de fenômenos; que a Matemática enquanto estruturante da forma física de compreender o mundo é uma linguagem com características próprias de dar sentido a ele; que no contexto da Física a Matemática assume características particulares, pois representam grandezas físicas que dizem algo a respeito do mundo; que o domínio de conhecimentos matemáticos não é suficiente para compreender a Física; que as leis físicas são fruto de um processo complexo situado em determinado contexto histórico; que as leis físicas são produtos de um processo desenvolvido por humanos, logo, suscetível a falhas; que o processo de significação de conceitos físicos não se dá somente pela apresentação de aplicação de modelos prontos de modo automático e evidente a todos os estudantes; que no ensino básico a presença da Matemática na Física muitas vezes acaba sendo um fator que limita e muitas vezes exclui o acesso de alunos ao conhecimentos físicos.

Diante deste contexto nos parece relevante inserir discussões sobre o papel da Matemática na Física e em seu ensino, com licenciandos. Seja pela melhoria da aprendizagem conceitual, pelo caráter não profissionalizante do Ensino Básico ou mesmo pela própria natureza do conhecimento físico, desenvolver práticas que propiciem reflexões adequadas, problematizações e significações sobre essa temática, são desafios importantes, tanto em disciplinas específicas de Física quanto em disciplinas relacionadas ao seu ensino, como é o caso analisado nesta pesquisa.

CAPÍTULO III

O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

3.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Desde o início de nossa pesquisa temos nos orientado pela noção da Matemática como estruturante do pensamento físico e na diferenciação entre habilidades técnicas e estruturais relacionadas à presença da Matemática no EF. Buscamos também compreender aspectos relacionados à formação de cientistas presentes nas ideias de Thomas Kuhn que pudessem estar relacionados à propagação de visões equivocadas a respeito do papel desempenhado pela Matemática na Física. Tais ideias guiaram tanto nossas leituras, quanto o desenvolvimento das atividades que geraram os dados analisados nessa pesquisa, como ainda a forma de olhar para eles. Minayo (2012) argumenta que nenhuma teoria por mais completa que seja é suficiente para explicar todos os fenômenos ou processos, pois nosso olhar para uma realidade que é rica e complexa é sempre um recorte sobre determinado aspecto dela. Segundo a autora, as teorias:

- (a) Colaboram para esclarecer melhor o objeto de investigação;
- (b) Ajudam a levantar questões, a focalizar o problema, as perguntas e a estabelecer hipóteses com mais propriedade;
- (c) Permitem maior clareza na organização dos dados;
- (d) E iluminam a análise dos dados, embora não possam direcionar totalmente essa atividade que deve se beneficiar dos achados empíricos, sob pena de anulação da originalidade propiciada pela pergunta inicial. (MINAYO, 2012, p. 17).

Assim podemos entender as teorias como uma maneira de orientar a obtenção e análise dos dados, mas de modo que não engesse tal processo. Dada a complexidade do tema e os problemas enfrentados por professores no EF relacionados à presença da Matemática, uma gama de investigações poderiam ser realizadas. Por exemplo, poder-se-ia investigar a aprendizagem conceitual relacionada à linguagem matemática na direção da pesquisa de Ataíde (2012), aprofundar o entendimento em termos de desenvolvimento de habilidades para a

compreensão dos conhecimentos da Física relacionadas à Matemática, como a pesquisa de Karam (2012), investigar concepções de estudantes sobre o papel da Matemática na Física, ou a relação entre diferentes linguagens no desenvolvimento e no ensino do conhecimento físico, na direção dos trabalhos de Almeida (2004) e Cardoso e Gurgel (2013), entre outros aspectos. No decorrer dessa pesquisa chegamos a pensar em investigar como os estudantes de nível superior ou médio poderiam desenvolver habilidades estruturais em aulas de Física, especialmente durante a resolução de exercícios. Mas à medida que nossas reflexões foram se aprofundando, delimitando nossa pesquisa para entender como poderíamos promover reflexões sobre o papel da Matemática na Física e como essas reflexões poderiam influenciar possíveis práticas de ensino. Dessa maneira poderíamos compor subsídios para avançar na discussão sobre o tema no contexto da licenciatura.

Assim, optamos por desenvolver um tópico de ensino no contexto de uma disciplina de uma licenciatura em Física, o que nos permitiria contribuir para o aprimoramento de disciplinas com características similares. Além de discussões de caráter teórico, desejávamos que os licenciandos pudessem fazer uma reflexão de cunho teórico-prático relacionado ao Ensino da Física. Isso porque compartilhamos a visão de Ludke e André (1986, p. 2) quando afirmam que a pesquisa em educação é uma ocasião privilegia onde o interesse está em investigar “[...] o pensamento ou a ação de uma pessoa, ou de um grupo, no esforço de elaborar o conhecimento de aspectos da realidade que deverão servir para a composição de soluções propostas aos seus problemas”. Para isso o tema de ensino intitulado “Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física” foi desenvolvido em uma disciplina de Metodologia de um curso de Licenciatura em Física na modalidade a distância, pois é característica dessa disciplina desenvolver discussões e práticas sobre temáticas de EF como essa. O fato da pesquisa ser realizada em um curso na modalidade a distância se justifica pelo motivo de já estarmos envolvidos com o curso em questão, logo tínhamos proximidade com o corpo docente, o que facilitaria o desenvolvimento da mesma. Também porque grande parte das atividades e discussões do curso é realizado por meio do ambiente virtual e ficam registradas nele. Isso permitiu uma exploração e triangulação de dados extremamente rica.

Outro ponto a destacar está na especificidade que as relações entre a Matemática e a Física assumem no contexto do ensino básico, onde a presença da primeira muitas vezes acaba excluindo, marginalizando, muitos alunos em aulas de Física. Esse fato nos leva a crer que

proporcionar reflexões sobre a temática com licenciandos teria um papel fundamental em sua formação.

Uma vez que desejávamos compreender aspectos relacionados a possíveis práticas de EF ligadas à presença da Matemática, dentro de um determinado contexto criado especificamente para gerar uma reflexão sobre o tema, uma abordagem qualitativa se faz necessária para nossa análise. Especialmente pelo fato de desejarmos aprofundar nossa compreensão sobre como licenciandos foram levados a refletir sobre o tema e como essa reflexão se relaciona com possíveis práticas. De acordo com Minayo (2012) a pesquisa qualitativa nas Ciências Sociais se preocupa com uma realidade que não pode ou não deveria ser quantificada: “Ela trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes.” (p. 21). Nessa perspectiva a autora defende que tais aspectos não podem ser facilmente traduzidos em indicadores quantitativos, em números. De fato, se desejamos investigar de maneira profunda as causas de determinado fenômeno não faz muito sentido pensar em uma abordagem que busque quantificá-lo, mas sim em uma abordagem que permita um aprofundamento no sentido de enxergar a qualidade dos dados analisados, como estão relacionados. Para Minayo (2012), a diferenciação entre uma abordagem qualitativa e outra quantitativa está na natureza da pesquisa, e não em uma escala hierárquica entre ambas. Apesar de acreditarmos que pesquisas quantitativas terem sua importância no campo de pesquisas educacionais, julgamos que para modificar determinado fenômeno de natureza humana, e portanto mutável, é preciso ir além, é preciso entender os porquês relacionados a ele, o que a nosso ver exige um tratamento qualitativo dos dados.

Ludke e André (1986) argumentam que as pesquisas educacionais, parte das ciências humanas e sociais, durante muito tempo tentaram encontrar modelos para os fenômenos educacionais com base nos modelos desenvolvidos nas ciências físicas e naturais. Havia a crença de que as variáveis poderiam ser isoladas e analisadas de forma precisa e analítica: “durante muito tempo se acreditou na possibilidade de decompor os fenômenos educacionais em suas variáveis básicas, cujo estudo analítico, e se possível quantitativo, levaria ao conhecimento total desses fenômenos.” (LUDKE; ANDRÉ, 1986, p. 3). Com o passar do tempo foi-se percebendo que variáveis relacionadas a fenômenos educacionais estavam intrinsecamente vinculadas umas às outras, tornando difícil apontar uma variável de maneira isolada como capaz de explicar satisfatoriamente determinado efeito, sem incorrer em um relativo empobrecimento do conhecimento sobre o fenômeno.

Além disso, durante muito se acreditou na neutralidade do observador frente a determinado fenômeno educacional, ou seja, acreditava-se que ele influenciava o objeto a ser investigado. Dessa forma o conhecimento sobre o objeto de estudo se daria de forma imediata e transparente para o pesquisador. Mas não é difícil perceber que tal visão é equivocada uma vez que é a partir dos princípios e pressuposições do pesquisador, com base em teorias que ele detém, é que será possível lançar luz sobre o objeto investigado e desenvolver algum conhecimento sobre ele. É importante destacar também que na perspectiva de pesquisa educacional não se pode excluir a influência que o contexto tem sobre o fenômeno. Nossa perspectiva é justamente a de captar essa realidade complexa marcado pelo contexto social e histórico em que o fenômeno se encontra. Outro aspecto a destacar está na preocupação em se investigar o processo mais do que o produto, pois o interesse está em compreender como determinado problema se manifesta, e não apenas nos produtos derivados dele. Existe também a preocupação em se capturar o modo como os participantes encaram as questões investigadas. Segundo Ludke e André (1986, p. 12), “ao considerar os diferentes pontos de vista dos participantes, os estudos qualitativos permitem iluminar o dinamismo inteiro das situações, geralmente inacessível ao observador externo.”

É na perspectiva argumentada aqui que encaramos perspectiva desta investigação. Mais à frente tentamos clarificar o contexto de desenvolvimento da investigação e o modo como o plano teórico se articula com a análise dos dados buscando responder nossas questões. Começamos por descrever alguns aspectos relacionados ao funcionamento do curso de Física na modalidade a distância em que a pesquisa foi realizada.

3.2 CONTEXTO GERAL DA PESQUISA

3.2.1 ESTRUTURA DE FUNCIONAMENTO DO CURSO

O curso de Licenciatura em Física a Distância da qual fazem parte os sujeitos e as situações analisadas, atendia, nesta edição, a 7 polos pelo interior de Santa Catarina. Os polos dão apoio às atividades realizadas a distância, mediadas por ambiente virtuais da plataforma Moodle. Isso permite aos estudantes da região próxima aos polos, matriculados no curso a distância, terem acesso a infraestrutura física, tecnológica e pedagógica que os auxiliam a acompanhar o curso. O polo de apoio presencial também é o local onde ocorrem os momentos presenciais, como videoconferências, o acompanhamento e a orientação

para os estudos e as avaliações presenciais. Esse local é o ponto de encontro presencial entre estudantes, tutores e professores ministrantes. Apesar de se tratar de um curso a distância, 30% da carga horária é destinado às atividades presenciais mencionadas.

A equipe docente é composta por professores e tutores. Os professores docentes são responsáveis pelas disciplinas no momento em que são ofertadas. Geralmente esse professores localizam-se na instituição que oferta o curso, e além de preparar e acompanhar a disciplina a distância por meio do ambiente virtual, são eles quem em geral se deslocam até os polos para ministrar as aulas presenciais previamente previstas na organização do curso. É de sua responsabilidade também a elaboração de avaliações e da coordenação das atividades dos tutores. Cabe ao professor, além de planejar todas as atividades da disciplina, definir as atividades que serão desenvolvidas pelos tutores. No caso da disciplina analisada havia apenas um professor responsável por ela.

Já os tutores são classificados em dois tipos: os tutores presenciais e os tutores a distância. Os tutores não são efetivos da instituição ofertante, e são contratados como bolsistas, sendo os tutores a distância, contratados geralmente pelo semestre correspondente à disciplina em que irão atuar. Os tutores presenciais atuam no polo de apoio presencial, ou seja, têm contato direto com os estudantes semanalmente. Assim como os estudantes, eles devem se deslocar aos polos correspondentes, e são responsáveis por auxiliar cerca de 25 estudantes. Esse tutor tem a responsabilidade de auxiliar os estudantes no desenvolvimento de todas as disciplinas respectivas ao período do curso em desenvolvimento.

O tutor polo ou presencial não atua sozinho. Eles têm ajuda dos tutores a distância, que ficam localizados junto as instituições de ensino, e acompanham os estudantes a distância, geralmente pelo ambiente virtual da disciplina. Diferentemente dos tutores polo, os a distância são responsáveis por uma única disciplina, e devem auxiliar os tutores polo e os estudantes com os conteúdos da determinada disciplina. Eles também mantêm contato presencial com o(s) professor(es) da disciplina. No caso da disciplina analisada, havia um tutor a distância, e dois estudantes de pós graduação em Educação Científica e Tecnológica que realizavam estágio docente na disciplina, que chamaremos aqui de tutores a distância também. Apesar de não possuírem o vínculo legal como tutor da disciplina, exerciam funções similares a dele, participando do planejamento, desenvolvimento e acompanhamento das atividades da disciplina, em reuniões semanais ou quinzenais com o professor responsável. Entre os tutores da disciplina encontra-se o pesquisador que

fazia estágio docente nela. Tanto os tutores presenciais quanto os tutores a distância possuíam ao menos graduação em Física, seja em licenciatura ou em bacharelado.

3.2.2 DESENVOLVIMENTO DO TÓPICO DE ENSINO

O tema sobre “Resolução de Problemas e o papel da Matemática na Física e no Ensino de Física” foi desenvolvido nas últimas semanas da disciplina Metodologia da 7ª fase de um curso de Licenciatura em Física na modalidade a distância. O objetivo geral da disciplina era “como e em que a área de pesquisa em EF/Ciências pode contribuir para o EF”¹¹. Com isso a disciplina tinha como um dos principais objetivos aproximar os licenciandos da leitura de artigos de pesquisa da área. A disciplina era dividida em quatro grandes tópicos, como descrito no Quadro 6. Apenas os temas do tópico I que estão negritados foram objeto de discussão da disciplina. Os demais tópicos e temas foram desenvolvidos na íntegra. Destacamos que o tema “Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no EF”, foi reestruturado a partir dos temas “Modelização, modelos e linguagem matemática no EF” (iii) e “Resolução de problemas no EF” (xiii).

Quadro 6 – Tópicos e temas desenvolvidos na disciplina de Metodologia. Os temas do tópico I que foram objeto de estudo da disciplina estão em negrito.

Tópico I - Tendências atuais da Pesquisa em EF/Ciências.

- i. Concepções alternativas e mudança conceitual.
 - ii. Interações discursivas em sala de aula.**
 - iii. Modelização, modelos e linguagem matemática no EF.**
 - iv. História da ciência no EF.
 - v. Epistemologia, filosofia e sociologia da ciência.**
 - vi. Abordagem/enfoque CTS/CTSA (ciência, tecnologia, sociedade e ambiente).
 - vii. Uso de textos e leitura no EF.**
 - viii. Divulgação científica e educação científica.**
 - ix. TIC no EF.**
 - x. Experimentação na Física e no EF.**
 - x. Imagens no EF.
-

¹¹ Vide plano de ensino da disciplina de Metodologia no anexo IV.

-
- xi. Ilhas de racionalidade.
 - xii. Problematização e metodologia dos três momentos pedagógicos.
 - xiii. Resolução de problemas no EF.**
-

Tópico II – Análise de parâmetros e propostas curriculares.

- i. Novo Ensino Médio – LDB e DCNEM.
 - ii. PCN e PCN+
 - iii. Proposta Curricular de Santa Catarina
-

Tópico III – Estudo de projetos de EF contemporâneos vinculados às novas demandas educacionais e socioculturais.

- i. GREF – Grupo de Reelaboração do EF
 - ii. Livros didáticos atuais (segundo PNLD).
-

Tópico IV – Planejamento de tópicos de ciência e tecnologias contemporâneas com utilização de novas tecnologias de informação e comunicação.

Fonte: Plano de Ensino da disciplina de Metodologia (Anexo IV).

Algumas atividades obrigatórias relacionadas aos temas desenvolvidos no tópico I consistiram em discussões por meio de fóruns e produção de resenhas com base nos artigos da área do EF. Uma das recomendações para a realização das discussões é que deveriam ser embasadas nos artigos indicados pela equipe docente.

O tema sobre RPEF analisado foi propositalmente desenvolvido no final da disciplina. Tínhamos como hipótese de que dessa forma os licenciandos poderiam estar subsidiados também pelas discussões desenvolvidas na disciplina de INSPE A por terem uma estrita ligação com os assuntos do interesse de nossa discussão, pois tratava de assuntos como epistemologia da ciência, projetos de EF, concepções de ensino, representações intuitivas, transposição didática, contrato didático, história da ciência e modelização¹². Destaca-se que o tema de modelização foi

¹² Vide plano de ensino da disciplina de INSPE A no anexo V. Vale mencionar que nos semestres seguintes os licenciandos teriam que cursar disciplinas de INSPE B e C, onde iriam desenvolver um entendimento fenomenológico sobre

objeto de uma prática de modelização de variáveis por meio de atividades experimentais¹³ desenvolvida em uma das VCs da disciplina de INSPE A que ocorreria uma semana antes do tema sobre RPF na disciplina de Metodologia.

No final da disciplina também os licenciandos já estariam mais habituados a articular suas ideias com base em artigos no contexto da disciplina. Também foi frisado em diversos momentos que além de apresentar trechos de artigos os licenciandos deveriam deixar claro seu posicionamento frente ao trecho citado, ou seja, o que eles estavam querendo dizer ao citá-lo. Esses aspectos seriam fundamentais para a discussão que desejávamos desenvolver.

Destacamos ainda que os licenciandos que cursavam o ensino a distância eram de diferentes regiões do estado de Santa Catarina, logo com características socioculturais diferentes. Também havia licenciandos fazendo outras graduações concomitantemente ao curso de Licenciatura em Física, e havia aqueles que já eram graduados em algum outro curso. Alguns também já lecionavam disciplinas como Matemática e Física. Ou seja, o grupo analisado é caracterizado pela heterogeneidade.

Outro aspecto importante é que os licenciandos que já haviam passado da metade do curso, uma vez que restavam apenas 2 semestres para a conclusão do mesmo. Isso indica que por já terem passado grande parte do formalismo matemático presente no curso de Licenciatura em Física, muitas das concepções desenvolvidas por eles até o momento sobre as relações entre a Matemática e a Física seriam as que iriam levar para a sua futura prática profissional. Além das disciplinas de Metodologia e INSPE A, nesse mesmo semestre cursavam as disciplinas de Mecânica Geral e de Língua Brasileira de Sinais.

3.2.3 AS ATIVIDADES SOBRE O TEMA (Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no EF)

determinado tema, elaborar um modelo explicativo sobre ele, para a partir daí gerar um modelo matemático capaz de explicar o fenômeno estudado. Posteriormente a estas fases, em INSPE C, dever-se-ia desenvolver uma transposição didática sobre o tema estudado visando o ensino do tema para o EM.

¹³ A atividade desenvolvida é baseada em Pinheiro (1996). A atividade desenvolvida é a mesma descrita em Pinheiro, Pinho-Alves, e Pietrocola (2001) e pode ser encontrada em <

<http://moodle.stoa.usp.br/mod/resource/view.php?id=33006%E2%80%8E> >.

As atividades desenvolvidas sobre RPF no final da disciplina de Metodologia, tiveram por objetivo promover discussões sobre a prática de resolução mecânica de exercícios que dão ênfase ao formalismo matemático no contexto do EF e também sobre o papel desempenhado pela Matemática na Física e no EF. Dessa forma os licenciandos poderiam pensar e repensar sobre possíveis práticas de ensino referentes à presença da Matemática na Física, mediado pela leitura dos artigos de pesquisa da área. O tópico consistiu basicamente em duas atividades: a discussão em um fórum virtual, aberto por aproximadamente 3 semanas, e a apresentação de uma análise de determinada situação fictícia por parte dos estudantes, apresentada em VC. As duas atividades foram planejadas de modo a terem os artigos de pesquisa como foco.

- A discussão realizada através do fórum no ambiente virtual foi iniciada a partir dos resultados da resolução de um exercício típico de Física retirado da literatura¹⁴. Sabendo de antemão resultados possíveis para a resolução do exercício pudemos iniciar a discussão. A discussão no fórum ainda previu a leitura obrigatória de 2 artigos de pesquisas em EF sobre o tema (GIL-PÉREZ et al., 1992; KARAM; PIETROCOLA, 2009a). O fórum na íntegra pode ser encontrado no Anexo III.
- A segunda parte da atividade ocorreu concomitante ao fórum. Os licenciandos deveriam analisar duas situações fictícias (Anexo I) e apresentá-las por meio de uma VC (Anexo II). Tais situações foram elaboradas pela equipe docente baseadas na forma como os assuntos aparecem em um livro didático destinado ao EF em nível médio. A análise das situações deveria ser baseada nas questões norteadoras que foram entregues juntamente com as situações. Cabe destacar que, propositalmente, as situações fictícias foram desenvolvidas pensando no que ocorre tradicionalmente em aulas de Física do EM. As situações fictícias 1 e 2 disponibilizadas consistiam em determinada aula sobre um assunto de Física presente no EM, como pode ser visto no Quadro 7. Destaca-se que o professor fictício apenas apresenta a lei matemática aos estudantes sem fazer qualquer discussão de natureza qualitativa e recai em uma prática que privilegia o operativismo mecânico das leis Físicas. As questões norteadoras 1, 2 e 4 que acompanharam as situações

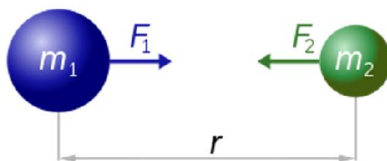
¹⁴ O exercício típico foi o mesmo apresentado em Gil-Pérez et al. (1992) e consiste em encontrar a distância percorrida por um móvel após 5 s e 6 s dada a equação da trajetória $e = 25 + 40t - 5t^2$.

fictícias tiveram objetivo fazer os licenciandos refletirem sobre a linguagem matemática no EF a partir das situações propostas e com base nos artigos de ensino da área de ensino indicados.

Quadro 7 – Situação fictícia 1 que foi analisada pelos licenciandos na VC.

Situação 1

Em determinada aula do ensino médio, o professor está abordando o assunto de Gravitação Universal. Seguindo a sequência no livro didático, o professor explica que Newton, ao estudar o movimento da Lua, concluiu que a força que a mantém em órbita é do mesmo tipo da força que a Terra exerce sobre um corpo colocado nas suas proximidades, chamando estas forças de gravitacionais. Após a explanação, o professor apresenta a seguinte definição: *Dois corpos atraem-se com forças proporcionais a suas massas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre seus centros.* Em seguida, faz um desenho esquemático que representa a definição e apresenta a lei matemática que expressa à gravitação universal escrevendo no quadro o que significam as letras que aparecem na equação e no desenho.



$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

- m_1 e m_2 são as massas;
- G é a constante de gravitação universal, que não depende dos corpos, do meio que os envolve nem da distância entre eles. No SI $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$;
- r é a distância entre os centros dos dois corpos;
- F_1 e F_2 representam a intensidade da força gravitacional;

Como finalização da aula, o professor resolve o seguinte exercício como exemplo: Dois pontos materiais de massa $m_1 = 2 \text{ kg}$ e $m_2 = 8 \text{ kg}$ estão localizados a uma distância de 4 metros um do outro. Determine

a intensidade da força gravitacional entre eles, sabendo-se que $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

Após chegar ao resultado, o professor passa os seguintes exercícios para os estudantes fazerem:

1 – Calcule a intensidade da força gravitacional da Terra sobre a Lua sabendo que: massa da Terra = $6 \times 10^{24} \text{ Kg}$, massa da Lua = $\frac{3}{4} \times 10^{23} \text{ kg}$, distância centro da Terra ao centro da Lua = $3,84 \times 10^8 \text{ m}$ e $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$.

2 – Dois corpos idênticos, de mesma massa, situados a 20 metros de distância um do outro, atraem-se gravitacionalmente com força de intensidade $1,675 \times 10^{-3} \text{ N}$. Determine a massa desses corpos. Considere $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$.

3 – Um corpo de massa m é atraído, quando colocado na superfície da terra, por uma força gravitacional de intensidade F . Determine a intensidade da força gravitacional sobre esse corpo quando levado sobre a superfície de um planeta de forma esférica cuja massa é oito vezes maior que a da Terra e cujo raio é quatro vezes maior que o terrestre.

4 – A massa da lua pode ser admitida como $1/81$ da massa da Terra. Sendo d a distância entre a Terra e a Lua, a que distância da Terra deve ser colocada um corpo entre os dois astros de modo que a resultante das forças gravitacionais agentes no corpo seja nula?

Após poucos minutos a maioria dos alunos resolveram o primeiro problema chegando ao resultado correto. Os demais problemas ficaram como tarefa de casa.

Questões norteadoras:

Q1 - Durante a explicação da lei Matemática para a gravitação, como o professor poderia auxiliar os alunos a compreenderem as relações entre conceitos físicos envolvidos?

Q2 - Como o professor poderia abordar a resolução do exercício exemplo de modo que explicita qual é o papel da relação Matemática para o pensamento físico, em outras palavras, por que a lei Matemática tem aquela “cara” na gravitação universal?

Q3 - Escolha um dos exercícios propostos e modifique-o de maneira que ajude a romper o hábito dos estudantes em resolver os problemas mecanicamente.

Q4 - O que você diria se o professor resolvesse discutir o problema apenas de maneira conceitual, sem exigir que os estudantes resolvam problemas que envolvam a Matemática?

Para desenvolver a análise das situações, os licenciandos tinham como subsídios as leituras obrigatórias e também as discussões que estavam ocorrendo no fórum. Parte da avaliação da atividade consistia em articular as respostas das questões norteadoras com ideias dos artigos. Após a VC cada grupo entregou um resumo por escrito sobre sua apresentação. Esse resumo poderia conter alguma ideia que não havia sido colocada na VC. Também foi solicitado que entregassem questões sobre a apresentação dos demais grupos, que poderiam indicar como os licenciandos refletiram sobre a análise dos colegas.

O tema sobre RPFM foi iniciado domingo com a entrega da resolução do problema proposto por Gil-Pérez et al. (1992)¹⁵. Como tínhamos a hipótese de que muitos alunos resolvem mecanicamente o problema, encontrando resultados errados para o mesmo, assim que todos entregaram as resoluções iniciamos uma discussão no fórum RPFM questionando os motivos pelos quais a maior parte das resoluções estavam erradas. Três dias após o início das discussões (quarta-feira) foi disponibilizado o artigo de Gil-Pérez et al. (1992). Quatro dias após foi liberada a leitura do artigo de Karam e Pietrocola (2009a). Seis dias após (sábado) ocorreu a VC. Esse período correspondeu as primeiras duas semanas de desenvolvimento do tema RPFM. A participação das discussões no fórum até então não foi avaliativa, o que reflete no número de postagens (31 de 96). Isso porque o objetivo era disponibilizar tempo para os licenciandos lerem os artigos, se preparando assim para a análise da VC e para as discussões que viriam nas semanas seguintes no fórum. Após a VC o número de postagens do fórum aumentou (65 de 96), uma vez que a participação passou a ser avaliativa nesse período. No Quadro 8 é possível ter uma ideia geral dos tópicos e atividades desenvolvidas na disciplina de Metodologia em ordem cronológica. Quando o tema RPFM foi desenvolvido já havia uma cultura de discussões baseadas em artigos de pesquisa.

Quadro 8 – Síntese dos tópicos e atividades desenvolvidas na disciplina de Metodologia.

Semana Data Atividade cronograma do EaD	Temas e Atividades	Tópicos
--	---------------------------	----------------

¹⁵ Resolução da equação $e = 25 + 40t - 5t^2$ para $t = 5s$.

<p>1^a (27/7 - 4/8) Presenciais</p>	<p>Presencial - Introdução à disciplina Fórum - Eventos de Pesquisa em Ensino (SNEFs, ENPECs, EPEFs) - compartilhar descrição da visita virtual ao evento Leitura do texto sobre Experimentação no EF (BORGES, 2002)</p>	<p>Tópico I</p>
<p>2^a (5/8 - 11/8) Avaliações Dependências</p>	<p>Fórum - Artigos de Pesquisa dos eventos Tarefa 1: texto com síntese sobre eventos e artigos Grupo 1 e 2: colocam textos sínteses na wiki, respectivamente sobre Eventos e Artigos e sobre Experimentação</p>	<p>Tópico I</p>
<p>3^a (12/8 - 18/8) Avaliações Dependências Atividades Libras</p>	<p>Sociologia da ciência, aspectos sociais da produção e circulação do conhecimento científico Texto: Flor (2009). Tarefa: Resenha 1</p>	<p>Tópico I</p>
<p>4^a (19/8 - 25/8) VC - Mecânica Geral</p>	<p>Atividade: Procurar outros artigos da área sobre essa temática (pelo menos 2), ler pelo menos o resumo deles, e colocar a referência correta no Fórum com o respectivo link. Atividade extra: Filmes indicados (página à parte): E a vida continua; O início do fim, Gattaca. Fórum Ciência & Tecnologia e Sociedade. Tarefa: Resenha 1 - 2o envio</p>	
<p>5^a (26/8 - 1/9) MEN: atividade tutor e VC / VC -INSPE A</p>	<p>Leitura no EF/ciências VC1: Discussão sobre leitura no EF Grupo 3 coloca Resenha 1 na wiki</p>	<p>Tópico I</p>

<p>6ª (2/9 - 8/9)</p>	<p>Divulgação científica - modelos de DC; Costa et al. (2010); Graciella e Munhoz (2009); Vídeos do Salto para o Futuro: DC e Educação Programa 1. DC e sociedade; Programa 3. DC e Mídia Programa 4. Outros olhares; Programa 5. Debate Resenha 2: Leitura e divulgação científica</p>	<p>Tópico I</p>
<p>7ª (9/9 - 15/9) INSPE A: atividade de tutor e avaliação</p>	<p>Parada 1 para produção das hiper mídias - acompanhamento e debates Fórum de Produção Grupo 4 coloca resenha 2 na wiki</p>	<p>Tópico IV</p>
<p>8ª (16/9 - 22/9) 2ª chamada INSPE A / Atividade de tutor e avaliação Mecânica Geral</p>	<p>Continuação da produção das hiper mídias Entrega de lista de exercícios complementar as atividades de Mecânica Geral sobre as relações entre a Matemática e a Física¹⁶</p>	<p>Tópico IV</p>
<p>9ª (23/9 - 29/9) 2ª chamada Mecânica Geral / Presenciais</p>	<p>LDB, PCN e DCNEM Fórum: Contextualização e interdisciplinaridade Presencial: 1ª parte: Análise do GREF 2ª parte: discussão da hiper mídia</p>	<p>Tópico II e III</p>

¹⁶ Durante o desenvolvimento das atividades do tema RPMF no início do semestre chegamos a elaborar uma lista de exercícios de Física de caráter complementar aos assuntos que os licenciandos estavam estudando em Mecânica Geral, pois tinham prova ao final dessa semana. A lista teve objetivo de fazê-los refletir sobre justificativa do ponto de vista físico para a presença de determinadas estruturas matemáticas na representação dos fenômenos físicos. A lista desenvolvida com auxílio do tutor da disciplina pode ser encontrada no anexo VI.

	Grupo 5: coloca texto síntese da enquete na wiki	
10 ^a (30/9 - 6/10) Presenciais	LDB, PCN e DCNEM (cont.) Fórum (cont.) Presencial: Análise do GREF	Tópico II e III
11 ^a (7/10 - 13/10)	ENEM e outros temas na perspectiva do cotidiano Fórum (cont.) PNLD-EM e análise de livros didáticos	Tópico II e III
12 ^a (14/10 - 21/10) Avaliação dependência / Atividade de tutor e VC -Metodologia	Interações discursivas em sala de aula Pesquisa de artigos sobre o tema, síntese e questionamentos individuais VC2 – Análise coletiva de livros didáticos segundo o PNLD	Tópico I
13 ^a (22/10 - 28/10) 2a chamada dependência - VC - INSPE A	Interações discursivas em sala de aula Discussão no Fórum com base nos questionamentos e literatura lida anteriormente	Tópico I
14 ^a (29/10 - 3/11)	Interações discursivas em sala de aula Síntese das discussões e leituras na forma de uma Resenha	Tópico I
15 ^a (4/11 - 10/11) Atividade de tutor e avaliação -Mecânica Geral	Parada 2 para produção das hiper mídias - acompanhamento e debates Fórum de Produção – entrega da hiper mídia	Tópico IV
16 ^a (11/11 - 17/11) 2a chamada Mecânica Geral /Atividade de tutor e	Finalização de detalhes da hiper mídia e elaboração da apresentação da hiper mídia por meio do Fórum de Produção.	Tópico IV

avaliação - INSPE A / Atividade de tutor e VC- Metodologia	VC3 - Apresentação da hipermissão produzida	
17ª (18/11 - 24/11) 2ª chamada INSPE A / VC -Mecânica e Libras	Divulgação dos trabalhos no Blog Poderão utilizar o Fórum de Produção para construir o texto coletivamente antes de postá-lo no blog.	Tópico IV
18ª (25/11 - 1/12) Avaliação dependência / VC - INSPE A (Atividade de Modelização de Variáveis por meio de atividades experimentais) (01/02)	Resolução de Problemas o e Papel da Matemática na Física e no EF Tarefa 1 (para 26/11) - resolução de exercício de Ensino Médio baseado no problema de Gil-Pérez et al. (1992) ($e = 25 + 40t - 5t^2$). Leitura 1 - Gil-Pérez et al.(1992) - A partir de 28/11 Início do Fórum mas NÃO É AVALIATIVO AINDA	Tópico I
19ª (2/12 - 8/12) Atividade de tutor e avaliação - Mecânica / 2ª chamada de dependência / Atividade de tutor e VC - Metodologia	Resolução de Problemas o e Papel da Matemática na Física e no EF Fórum (continuação) mas ainda não avaliativo Leitura 2 – Karam e Pietrocola (2009a) – A partir de 02/11 Atividade Tutor (08/02) – preparação para a análise das situações 1 e 2	Tópico I

	VC (08/02) – Apresentação da análise das situações 1 e 2 elaboradas pela equipe docente	
20^a (9/12 - 15/12) 2a chamada de Mecânica / Avaliação - Libras / Atividade de tutor e avaliação - INSPE A / Avaliação dependência	Resolução de Problemas o e Papel da Matemática na Física e no EF Entrega da Tarefa 2 – O grupo elaborou um resumo sobre sua própria apresentação Fórum (continuação) MAS AVALIATIVO.	Tópico I
21^a (16/12 - 22/12) 2a chamada Libras e INSPE A / 2 ^a chamada dependência	Resolução de Problemas o e Papel da Matemática na Física e no EF Encerramento do Fórum (18/12)	Tópico I

Fonte: Adaptado de plano de ensino da disciplina de Metodologia (Anexo IV).

Como podemos observar na Tabela 7, a menor parte de postagens se encontra no período em que o fórum não foi avaliativo (primeiras duas semanas) (31 do total de 96). No final da segunda semana disponibilizamos as situações 1 e 2 que deveriam ser analisada na videoconferência. Dessa forma se pressupunha que os licenciandos já teriam lido as leituras 1 e 2 e poderiam desenvolver um análise com base nelas. A atividade tutor com duração de 2 horas que precederia a VC foi prevista para que os licenciandos pudessem discutir entre si a apresentação das situações.

Tabela 2 – Síntese das atividades desenvolvidas sobre RPMF.

Dom.	Seg.	Ter.	Quarta	Qui.	Sexta	Sábado	T P
25/11	6/11	7/11	28/11	9/11	30/11	01/12	

Entrega da Tarefa 1	-	Início do Fórum	Devolução da Tarefa 1 e liberação da Leitura 1	-	--	Atividade de Modelização (VC - INSPE A)	
--	-	NP – 03	NP – 08	NP – 02	NP – 03	NP – 01	7
02/12	3/12	4/12	05/12	6/12	07/12	08/12	
Liberação da Leitura 2	-	-	--	-	Liberação das situações 1 e 2	Atividade tutor e apresentação das situações 1 e 2 na VC	
NP – 05	NP – 04	NP – 0	NP – 01	NP – 0	NP – 0	NP – 04	4
09/12	0/12	1/12	12/12	3/12	14/12	15/12	
Entrega resumo VC (Tarefa 2)	-	-	--	-	--	--	
NP – 03	NP – 08	NP – 07	NP – 06	NP – 04	NP – 09	NP – 11	8

16/12	7/12	8/12						
		Encerra men to do Fór um	--	-	--	--		
NP – 15	NP – 01	NP - 02						8

TP – Total de postagens no fórum por semana.

NP – Número de postagens no fórum por dia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

3.2.4 AS LEITUAS OBRIGATÓRIAS (Artigos da área de EF)

Os artigos que foram disponibilizados como leitura obrigatória de embasamento para a discussões, são de caráter teórico e provenientes de pesquisas em EF. Apesar de terem uma diferença de 17 anos, ambos tratam de um tema central presente no EF: a resolução de problemas relacionados a Matemática. Em termos de pesquisa das últimas décadas, importantes avanços foram feitos sobre a temática. Mas autores como Pietrocola (2002), Karam e Pietrocola (2009a), Karam (2012), Almeida (2012), Ataíde (2012), entre outros, nos indicam quem em termos práticos pouco parece ter sido o avanço a respeito de concepções sobre o papel da Matemática na Física e no EF. Possíveis causas para o pouco avanço nesse sentido, entre outros, pode estar relacionado com o próprio modo em que se dá a formação inicial de um físico como argumentamos no Capítulo 2.

Um dos artigos base da discussão (Leitura 2) foi Karam e Pietrocola (2009a) intitulado “Habilidades Técnicas Versus Habilidades Estruturantes: Resolução de Problemas e o Papel da Matemática como Estruturante do Pensamento Físico”. No artigo os autores apresentam uma revisão dos principais trabalhos que tratam do tema sobre resolução de problemas, e a partir deles constroem uma argumentação crítica sobre posicionamentos que reduzem a Matemática a um simples instrumento do

físico, cujo uso se poderia até prescindir. Os autores defendem que a Matemática além de ser um instrumento quantificador e descritor de fenômenos também é quem estrutura o pensamento físico. Além disso, apontam alguns limites em estratégias de ensino que consideram a separação entre o caráter matemático e o caráter físico de um problema. Dessa forma, indicam que o EF deve trabalhar com o objetivo de desenvolver habilidades estruturantes, que estariam relacionadas à capacidade de utilizar a matemática em contextos externos a ela, nesse caso, para a apreensão de fenômenos naturais. Argumentam que mesmo no contexto tradicional de resolução de problemas pode-se auxiliar os estudantes a desenvolver habilidades estruturantes. Por fim apresentam alguns exemplos de como isso poderia ser feito. Algumas ideias presentes nesse artigo foram discutidas no tópico 2.1 no Capítulo 2.

Já o artigo de Gil-Pérez et al. (1992) (Leitura 1) intitulado “Questionando a didática da resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo” problematiza a própria noção do que seja um problema científico. Os autores criticam abordagens didáticas que disseminam concepções mecânicas à resolução de problemas, pois estas estimulam um “operativismo abstrato, carente de significado, que pouco pode contribuir a uma aprendizagem significativa (GIL-PÉREZ et al., 1992, p. 9)”, através de uma discussão inicial sobre a resolução de um exercício típico (problema fechado) do EM:

Um objeto se move ao longo de sua trajetória segundo a equação: $e = 25 + 40t - 5t^2$ e (e em m, t em s). Que distância percorrerá em 5 s?

Por meio de seminários realizados com professores do EM, propõem algumas estratégias didáticas para romper com tais abordagens. Sua argumentação gira em torno do uso de problemas abertos no EF¹⁷. Problemas dessa natureza teriam um caráter investigativo, de emissão de hipóteses, que segundo eles seria a forma como de fato se comportaria um cientista frente a uma situação problemática.

Com a ajuda dos participantes dos seminários, os autores levantam um conjunto de aspectos que poderiam ser levados em conta na resolução de problemas abertos: (i) Considerar qual pode ser o interesse da situação problemática abordada, que teria o objetivo de gerar uma espécie de motivação nos alunos para a resolução do problema; (ii) Começar por um

¹⁷ Segundo os autores, um problema fechado como “Sobre um móvel de 5000 kg que se desloca com uma velocidade de 20 m/s, atua uma força de freamento de 10000 N. Que velocidade terá 75 m após ter começado a frear?”, poderia facilmente ser traduzido num problema aberto como “Um carro começa a frear ao ver a luz amarela, que velocidade terá no semáforo?”.

estudo qualitativo da situação, tentando abordar e defini-lo de maneira precisa, explicitando as condições que se consideram reinantes etc. Neste caso, o próprio fato de se trabalhar com problemas abertos levaria o estudante a pensar na situação física, já que não dispõem de dados para manipular; (iii) Emitir hipóteses fundadas sobre os fatores dos quais podem depender a grandeza buscada e sobre a forma desta dependência imaginando em particular casos limites de fácil interpretação física. Neste caso a emissão de hipóteses teria um papel fundamental, uma vez que orienta a investigação científica, e também seria um bom momento para discussão sobre as características físicas dos problemas; (iv) Elaborar e explicar possíveis estratégias de resolução antes de proceder a esta, evitando o puro ensaio e erro. Buscar distintos modos de resolução para possibilitar a contrastação dos resultados obtidos e mostrar a coerência do corpo de conhecimentos de que se dispõe. Neste caso, os autores acordam que a resolução de um problema não depende apenas dos conhecimentos teóricos sobre o conteúdo que trata, mas também do modo como o estudante planeja, emite hipóteses, quando está a resolver o problema; (v) Realizar a resolução verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz e evitando, uma vez mais, operativismos carentes de significação física. Além de incentivarem a resolução literal de problemas uma vez que esta permite mais facilmente identificar os conceitos físicos envolvidos e suas relações, incentivam práticas de metacognição para que a resolução não caia em simples “ensaio e erro”; (vi) Analisar cuidadosamente os resultados à luz das hipóteses elaboradas e, em particular, dos casos limites considerados. Nesse caso, essa análise seria uma forma de verificar a consistência do resultado com base nas hipóteses emitidas inicialmente; (vii) Considerar as perspectivas abertas pela investigação realizada contemplando, por exemplo, o interesse de abordar a situação em um nível de maior complexidade ou considerando suas implicações teóricas (aprofundamento na compreensão de algum conceito) ou práticas (possibilidade de aplicações técnicas). Conceber, particularmente, novas situações a investigar, sugeridas pelo estudo realizado; (viii) Elaborar uma memória que explique o processo de resolução e que destaque os aspectos de maior interesse no tratamento da situação considerada. Nesta orientação, tem-se a ideia de tornar a resolução do problema mais do que uma atividade escolar, que a resolução possa proporcionar mais do que um resultado, que se possa derivar dela aspectos metodológicos e também habilidades que extrapolem o contexto da resolução do problema.

De acordo com Gil-Perez et al. (1992) as orientações apresentadas não devem ser tomadas como um passo a passo que deva ser fielmente

seguido, mas constitui um conjunto de orientações que podem proporcionar um ensino mais significativo do ponto de vista da compreensão de um fenômeno, buscando romper com operativismos pobres de significado, quando se trata da ainda muito disseminada didática de resolução de problemas que privilegia o resultado quantitativo e não o processo de construção de significados.

3.3 SOBRE A ANÁLISE

Para desenvolvermos a análise da VC, nos orientamos pela diferenciação de habilidades técnicas e estruturais relacionadas a presença da Matemática na Física. Como norte inicial para a compreensão das discussões dos licenciandos utilizamos as categorias descritas por Karam (2012) no contexto do ensino da Física em nível superior, como apresentadas na Tabela 1 no subtópico 2.1.1. As categorias foram utilizadas para compreendermos respostas às questões colocadas aos estudantes, ou seja, para compreendermos verbalizações produzidas por eles em diferentes situações de ensino dentro do tópico desenvolvido na disciplina de Metodologia. Elas nos dão um aporte teórico para a análise uma vez que apresentam uma gama de possibilidades em que a Matemática pode se fazer presente ao pensarmos o EF, ainda que no contexto do ensino superior. Nesse sentido buscamos compreender especificidades que tais aspectos possuem no ideário de licenciandos quando relacionados a possíveis práticas de ensino, no caso, de EM. Além disso, apontamos relações entre as categorias e a concepção sobre o papel da Matemática na Física que se faz presente em possíveis práticas de ensino. É importante mencionar que o artigo de Karam e Pietrocola (2009a) utilizado como base para as discussões realizadas com os licenciandos não apresenta nenhum tipo de categoria. Seu foco está em analisar o processo de resolução de problemas discutido na literatura e sobre concepções reducionistas a respeito da Matemática na Física. A categorização que utilizamos como norte para a análise é resultado da tese de Karam (2012).

Também nos orientamos pela visão kuhniana sobre o modo como a linguagem matemática se faz presente na formação do físico. Ela nos possibilitou um entendimento sobre os dizeres desenvolvidos pelos licenciandos, especialmente a perspectiva que tentamos argumentar a respeito das implicações que podem existir relacionadas aos aspectos que muitas vezes ficam implícitos durante a formação do físico no que diz respeito à presença da Matemática.

Buscamos ainda apontar aspectos do contexto que os levaram a discutir sobre a temática proposta e a produzir as respostas. Nesta perspectiva, não restringimos nossa análise ao contexto da disciplina de Metodologia. Como sabíamos da existência de outras disciplinas que poderiam nos proporcionar informações sobre o contexto de produção dos dizeres, e até mesmo como indicado pelos próprios licenciandos, trazemos em alguns momentos subsídios a partir de outras disciplinas/tópicos para nossa análise. Esse fato é possível, pois o curso analisado é na modalidade a distância e dessa forma se desenvolve por um ambiente virtual onde ficam registrados grande parte das atividades e discussões dos licenciandos.

É preciso destacar também que temos consciência das limitações da utilização das categorias analisadas por Karam (2012) uma vez que o contexto dessa pesquisa é completamente diferente. No contexto da pesquisa de Karam (2012) o professor ministra um curso completo de eletromagnetismo que visa à formação de cientistas. Já nesta pesquisa trata-se de um curso que visa à licenciatura com foco para atuação no nível médio da educação. Além disso, os licenciandos receberam uma situação fictícia pronta, elaborada pela equipe docente, sobre determinado assunto que representava uma única aula. A partir dessa situação foi que a análise se desenvolveu. Também por se tratar de uma análise e não de uma situação em que os licenciandos deveriam elaborar uma aula ou um conjunto de aulas e de fato ministrá-las com alunos reais, podemos encontrar variações no que diz respeito às categorias analisadas por Karam (2012). Atentamos nossa busca para quais aspectos das categorias foram levantados pelos licenciandos, a relação entre eles e o posicionamento epistemológico que sugerem, além de indicar como esse posicionamento pode influenciar na futura prática docente dos licenciandos.

Também investigamos as ideias relativas às discussões ocorridas no fórum especialmente construído para discutir a temática. A análise levou em consideração o contexto da produção verbal dos alunos com relação às demais atividades do tópico. Mas nossa análise do fórum se deu pela busca das justificativas relacionadas aos motivos levantados pelos licenciandos responsáveis pela maioria ter resolvido mecanicamente o problema proposto. Tínhamos como propósito verificar se através das atividades desenvolvidas sobre o tema (discussões no fórum, leituras dos artigos e análise das situações da VC) aspectos relacionados a atitude frente a presença da Matemática no EF seriam levantados como motivos para tal comportamento. Dessa forma a análise do fórum não levou em conta a categorização proposta por Karam (2012).

CAPÍTULO IV

ANÁLISES

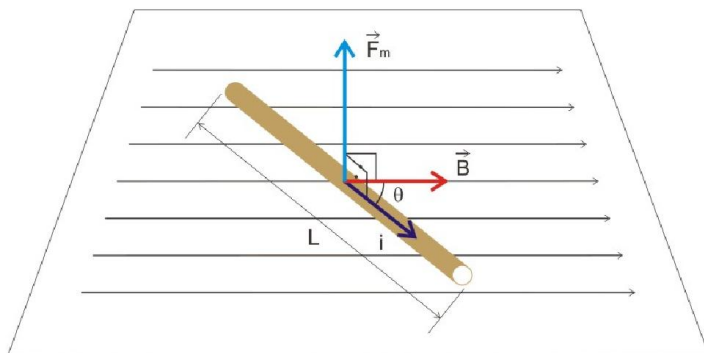
4.1 A VIDEOCONFERÊNCIA

A VC ocorreu no final da segunda semana de discussões no fórum. Nela os licenciandos analisaram situações fictícias de determinada aula do EM com base nos artigos de pesquisa da área de EF. Devido a limitações de tempo, os licenciandos foram organizados em 7 grupos (representados por letras de A até G) com 3 ou 4 integrantes, de modo que a apresentação de cada grupo durasse entre 15 e 20 minutos. As situações de ensino fictícias disponibilizadas foram elaboradas a partir de dois assuntos diferentes de Física presentes no EM: gravitação newtoniana e força magnética (Anexo I). Essa divisão foi feita para que as análises não ficassem muito repetitivas, e que tivessem estruturas similares. A seguir apresentamos a situação 2 sobre eletromagnetismo.

Quadro 9 - Situação fictícia 2.

Situação 2

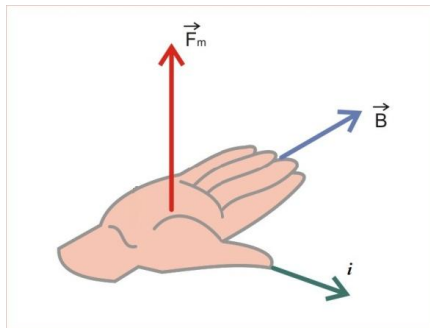
Em determinada aula no ensino médio o professor está trabalhando com o tema de *Força Magnética sobre Cargas Elétricas*. Iniciando a aula ele desenha o esquema abaixo enquanto explica o que está acontecendo.



Durante a explicação comenta que este é um fio condutor retilíneo, com comprimento L que está imerso num campo magnético \vec{B} , onde i é a corrente que circula pelo condutor e θ o ângulo entre \vec{B} e i , e que

sobre o condutor atua uma força magnética \vec{F}_m que pode ser calculada por: $F_m = iLB\text{sen}(\theta)$.

Em seguida, explica que a direção de \vec{F}_m é perpendicular ao plano que contém \vec{B} e o condutor, e que seu sentido pode ser obtido pela regra da mão direita utilizada para o movimento de partículas carregadas. Utilizando gestos, explica que o polegar indica o sentido da corrente elétrica, os demais dedos indicam o sentido de \vec{B} , e a palma da mão indica o sentido de \vec{F}_m , conforme a figura apresentada a seguir:

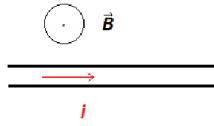


Feito isto, o professor faz uma ressalva, destacando o significado do ângulo θ que “aparece” na expressão da força, dizendo que quando o condutor retilíneo está disposto perpendicularmente às linhas de campo magnético \vec{B} ($\theta = 90^\circ$), a força exercida sobre ele assume seu valor máximo, pois $\text{sen}(\theta) = 1$ e assim a expressão da força fica:

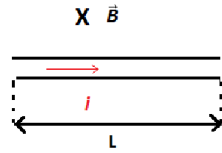
$$F_m = iLB,$$

e quando $\theta = 0^\circ$ ou $\theta = 180^\circ$ a força será nula.

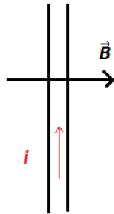
Após as explicações o professor faz um exercício exemplar: A figura a seguir apresenta quatro situações em que o segmento L de um condutor é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade i , imerso num campo magnético representado pelo vetor \vec{B} , perpendicular à direção de L. (a) Represente graficamente a força que atua sobre a partícula em cada caso. (b) Determine o módulo de \vec{F}_m em cada situação sabendo que $L = 0,10 \text{ m}$, $i = 0,50 \text{ A}$ e $B = 6,0 \times 10^{-2} \text{ T}$. (Nas situações 3 e 4, \vec{B} está contido no plano da folha)



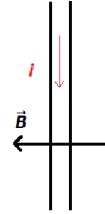
Situação 1



Situação 2

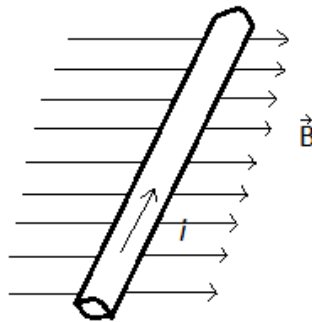


Situação 3



Situação 4

Após resolver este exemplo o professor deixa o seguinte exercício como tarefa de casa: Um condutor de comprimento L , percorrido por uma corrente elétrica i , está percorrido em um campo de indução magnética uniforme \vec{B} . O campo magnético \vec{B} e o condutor são horizontais e perpendiculares entre si. A força magnética que atua no condutor é \vec{F} .



Analisar as afirmações que seguem e diga se são verdadeiras ou falsas:

- A força \vec{F} tem direção vertical e sentido para cima.
- Se o sentido da corrente i for invertido, o sentido da força \vec{F} não se altera.
- Se o sentido do campo magnético \vec{B} for invertido, o sentido da força \vec{F} não se altera.

- (d) A força \vec{F} tem intensidade proporcional a intensidade do campo magnético \vec{B} .
- (e) A força \vec{F} tem intensidade inversamente proporcional a intensidade da corrente elétrica i .
- (f) A força \vec{F} aumenta se o condutor girar no sentido horário.

Questões norteadoras:

Q1 - Durante a explicação da lei matemática para a força magnética, como o professor poderia auxiliar os alunos a compreenderem as relações entre conceitos físicos envolvidos?

Q2 - Como o professor poderia abordar a resolução do exercício exemplo de modo que explicita qual é o papel da relação matemática para o pensamento físico, em outras palavras, por que a lei matemática

tem a “cara” $F_m = iL B \sin(\theta)$ no caso da força magnética?

Q3 - Proponha um exercício de maneira que ajude a romper o hábito dos estudantes em resolver os problemas mecanicamente.

Q4 - O que você diria se o professor resolvesse discutir o problema apenas de maneira conceitual, sem exigir que os estudantes resolvam problemas que envolvam a matemática, como o exercício deixado como tarefa?

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

As questões 1 e 2 nos permitiriam identificar o papel que a Matemática teria no ensino de determinado conteúdo da Física. Cabe ressaltar que a presença da Matemática foi propositalmente solicitado como presente na explicação nas questões norteadoras, uma vez que o objetivo da atividade era que os estudantes refletissem sobre as práticas relacionadas a ela. A questão 3 tem como objetivo levar os licenciandos a refletirem sobre as práticas relacionadas à resolução de exercícios e problemas em que a linguagem matemática estivesse presente. Isso nos permitiria compreender melhor como eles estão interpretando a problemática de resolução mecânica discutida por Gil-Perez et al. (1992) e também sobre o papel da Matemática neste contexto, como discutido por Karam e Pietrocola (2009a). Já a 4ª questão busca levar os licenciandos a refletir sobre a possibilidade de não usar a Matemática em aulas de Física do EM, o que poderia nos dar indícios sobre o próprio modo como eles estariam compreendendo o papel desempenhado por essa

linguagem para pensar os fenômenos físicos. Esta temática é discutida por Karam e Pietrocola (2009a).

Identificamos as falas dos licenciandos como L1, L2, L3..., as falas do professor como P, a dos tutores a distância T1 e T2 e do tutor polo como TP1. Essa identificação representa os mesmos indivíduos na videoconferência e nos fóruns, cuja análise apresentamos no tópico 4.2. Devido a problemas técnicos com áudio e conexão, o polo 4, que possuía dois grupos (Grupo F e G) não se apresentaram na VC, mas entregaram um documento descrevendo uma síntese dela.

A análise que fizemos das falas originadas na VC aconteceu da seguinte forma: apresentamos uma análise detalhada da resposta de cada grupo sobre as questões, a partir da transcrição da VC e a partir das categorias apresentadas por Karam (2012). No final da análise de todos os grupos apresentamos uma síntese das categorias encontradas. Destacamos que a subcategoria “Material – Atividade Prática” da categoria “Analogia” e a categoria “História da Ciência” não são categorias propostas por Karam (2012), ou seja, emergiram exclusivamente de nossa análise. As categorias são apresentadas no Quadro 10 a seguir.

Quadro 10 – Descrição das categorias encontradas em nossa análise. As categorias “Analogia Material – Atividade Prática” e “História da Ciência” são categorias que emergiram unicamente da análise das falas dos licenciandos. As demais categorias foram encontradas com base nas propostas por Karam (2012).

Categorias e subcategorias encontradas		Descrição (resumo)
Matematização	Estruturas Matemáticas	Justificar o uso de determinadas estruturas matemáticas para representar determinados fenômenos físicos no processo de matematização dele.
	Modelização	Considerações sobre o fenômeno como identificação de variáveis relevantes, simplificações e idealizações sobre ele, são feitas para que ele possa ser traduzido em linguagem matemática.
Interpretação		Relacionada à discussões e atividades que buscassem a interpretação física das estruturas matemáticas presentes nas leis físicas ou na interpretação de resultados de exercícios e problemas. Casos particulares e limites são indicados para melhorar a compreensão.
Visual	Pictórico	Desenhos, diagramas e esquemas como fonte de explicação.
	Gestual	Gestos são utilizados como forma de explicação.
Analogia	Material – Atividade Prática	Atividades experimentais/práticas são indicadas como forma de testar ou comprovar o efeito análogo relativamente à situação que se desejava explicar, ou mesmo como forma de interpretar fisicamente a expressão matemática.
	Material – Atividade Mental	Relacionada a apresentar diferentes situações cotidianas, analogias e metáforas para a significação de conceitos e a relação entre eles.
Epistemologia		Aspectos relacionados construção dos conhecimentos são discutidos como por exemplo “o que é uma

	teoria”, “qual a relação da matemática com a física”, “qual a relação entre teoria e experimento”, “modelo e realidade”.
História da Ciência	Abordagens históricas são usadas para contextualizar e justificar determinados aspectos matemáticos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

As categorias encontradas que se aproximam as propostas por Karam (2012) estão negritadas ao longo do texto da análise.

4.1.1 ANÁLISE

Grupo A: composto pelos licenciandos L1, L2, L5 e L14. Apenas L1 e L2 falaram.

Sobre Q1 e Q2 que solicitava que os licenciandos explicassem como poderiam desenvolver uma explicação no sentido de auxiliar os estudantes a compreenderem as relações entre os conceitos físicos envolvidos na lei matemática da gravitação universal, pudemos identificar diferentes categorias sobre como a Matemática faria parte da explicação sobre os assuntos tratados. A seguir apresentamos as falas que nos permitiram indicá-las.

*[...] nós colocamos o seguinte: que nós podemos primeiro né, **representar matematicamente** mantendo a distância fixa e variando as massas, pra que o aluno ele possa perceber que existe uma variação nessa força e em seguida nós podemos manter também as massas fixas e fazer com que aconteça uma variação na distância para que o aluno também possa perceber que vai existir uma variação na força também nesse caso. No primeiro momento então, variando as distâncias, ou seja, fixando a distância e variando as massas. No segundo fixando as massas e variando as distâncias, pra que ele possa perceber a variação então nas forças que estão atuando sobre os corpos. **E, a gente pode usar como uma forma de explicar isso, de até mesmo esclarecer para o aluno pra ficar até mais prático usando por exemplo os ímãs. E a gente pode usar esses ímãs com massas diferentes, fazendo uma analogia***

para que ele possa então perceber que existe uma força gravitacional atuando sobre esses corpos né. Então a gente vai usar o ímã para facilitar o entendimento do aluno. Então, é através disso que a gente pode perceber que a lei da gravitação né, matematicamente [...] é similar aí a que a gente tem aí na figura que vocês apresentaram e no texto que foi apresentado por vocês. (L1 – VC – Metodologia, grifo nosso).

Das categorias propostas por Karam (2012) como apresentamos na Tabela 1, encontramos aproximações com duas delas presentes na fala anterior: **interpretação** e **analogia material**. Quando L1 explica o que seria “representar matematicamente” a lei física buscando evidenciar como as variáveis se influenciam, sugere uma discussão de caráter qualitativo no sentido de **interpretar** seu significado fisicamente. Tal interpretação incluiria também ao uso de **analogias materiais** (atividade prática), através do uso de ímãs. Neste caso nos parece que essa analogia teria a função de trazer um outro exemplo com o qual o aluno já estaria familiarizado. Quando L1 argumenta no final da fala que “é através disso que a gente pode perceber que a lei da gravitação né, matematicamente, [...] é similar aí a que a gente tem aí na figura”, sugere que a analogia com ímãs também seria uma forma de evidenciar a similaridade entre o comportamento dos ímãs com a lei da gravitação, ou seja, uma forma de evidenciar para o aluno que há uma equivalência na estrutura matemática entre força gravitacional e força magnética. Além disso, segundo L1 o uso dessa analogia poderia fazer o aluno “perceber que existe uma força gravitacional atuando sobre esses corpos”, ou seja, L1 estaria tentando convencê-lo sobre a existência da força gravitacional, por analogia com a magnética, mostrando um caso empírico análogo, um caso sensível na intenção de facilitar o entendimento do aluno.

É preciso destacar que na atividade com ímãs seria importante apresentar as limitações de tal analogia, uma vez que a natureza dos dois fenômenos é completamente diferente, o que poderia levar o aluno a pensar que a gravidade teria natureza magnética, ou mesmo que a força da gravidade possa ser repulsiva, como ocorre com a magnética, aspecto não levado em conta pelo grupo.

L2 concorda com a ideia de L1 sobre a **interpretação** física da lei matemática. Mas sua argumentação se dá em tono de uma questão discutida com um tutor polo (TP1), que argumenta não ser possível existir Física sem Matemática. Apesar de tal discussão, para L2 poder-se-ia

ensinar Física sem o uso da Matemática, como podemos acompanhar através de sua fala:

[...] a nossa maior discussão foi assim, existe física sem matemática? [...] TP1 por exemplo disse que pra ele é impossível a física existir sem a matemática e aí a gente entrou nessa questão assim de como que a gente vai mostrar pro aluno de que existe uma força, como é que eu vou convencer o meu aluno de que existe uma força de atração entre corpos...então o primeiro momento que L1 colocou ali foi colocar realmente no quadro em forma de matemática [refere-se a fala anterior], manter a massa fixa e variar a distância e depois manter a distância fixa e variar os valores das massas pros alunos perceberem essa diferença, mas isso matematicamente. Depois a gente falou: tá, mas se não for matematicamente não tem como? Tem né, porque dentro de sala, em vários momentos a gente fala sobre forças que se atraem e se repelem, ou, nesse caso, que é a força da gravidade, de que né, usando principalmente o sistema planetário que o aluno né, vê e já tem uma noção prévia, porque a gente precisa também partir do princípio de que o aluno tem uma pré-conceito sobre o sistema planetário, e de porque que, por exemplo a Lua orbita né, na orbita da Terra e não escapa...o Sol sendo bem maior do que a Terra não “capta” a Lua para ela por exemplo. Então a gente usou os ímãs pra mostrar pro aluno que existe a força, que existe força entre dois corpos, e que ele vai funcionar basicamente como os dois ímãs, um ímã maior e um ímã menor, aí essa parte já é mais conceitual, é mais para mostrar que realmente existe uma força, agora uma das nossas discussões bem sérias foi como explicar a física para os alunos sem usar a matemática, existe como? Existe! (L2 – VC – Metodologia, grifo nosso)

Em uma direção diferente da argumentação de L1, para L2 o uso da analogia com ímãs seria uma forma de explicar o fenômeno de maneira qualitativa. L2 não deixa explícito que a discussão usando a analogia poderia evidenciar as relações presentes na lei matemática. Sua argumentação se dá no sentido de apresentar um caso empírico (sistema

planetário) para justificar a existência da força de atração gravitacional. Isso se daria explorando os conceitos prévios dos estudantes: “[...] a gente precisa também partir do princípio de que o aluno tem uma pré-conceito sobre o sistema planetário[...] (L2)”. A discussão sobre o sistema planetário sugere a presença de uma **analogia material** (atividade mental) durante a explicação. Essa analogia seria resultado da necessidade de se levar em conta as concepções prévias (ou representações intuitivas ou concepções alternativas) dos estudantes. O tema sobre “concepções alternativas” além de ser uma linha de pesquisa na área de ensino dentre os tópicos não discutidos na disciplina de Metodologia, foi objeto de discussão na disciplina de INSPE A, que podemos apontar em parte como responsável pela argumentação de L2. Podemos acompanhar um trecho escrito por L2 no fórum sobre “representações intuitivas” da disciplina de INSPE A que discutia sobre a questão: “[...] de que forma devemos proceder ao realizar uma atividade experimental em sala de aula para haver o abandono das representações intuitivas? O que precisa ser planejado?”. Segundo L2,

[...] antes de realizarmos os experimentos, seria muito importante o professor fazer uma pesquisa prévia acerca do fenômeno a ser demonstrado, para saber o nível de conhecimento [dos alunos], [...]. (L2 – fórum sobre Representações Intuitivas, INSPE A).

Ou seja, podemos ver que L2 relacionada a ideia de utilizar as representações intuitivas dos estudantes para desenvolver a **analogia material** (atividade mental). Mas essa analogia seria uma forma de “escapar” da Matemática o que indica uma “falsa” separação entre o caráter conceitual e matemático na lei da gravitação.

Mais do que buscar uma analogia para a lei da gravitação, L2 parece estar preocupado em gerar um significado físico para ela, levar a realidade para a sala de aula, numa tentativa de escapar da abstração presente no formalismo matemático, como podemos acompanhar através de sua fala: “[...] aí a gente pensou ao invés de uma forma de matematizar, pensar uma outra maneira de relacionar esses conceitos, pensamos no sistema planetário (L2)”. Essa ideia fica mais clara quando o professor questiona sobre o modo como a discussão sobre o sistema planetário se relaciona com a explicação:

[...] você [L2] tá supondo que essas ideias relacionadas com o sistema planetário, essas

*outras ideias que você colocou que não estão presentes aqui [refere-se a situação fictícia], você tá supondo que isso já teria sido trabalhado [...] ou você tá sugerindo que essas ideias sejam retomadas no momento em que o professor vai discutir essa fórmula? Porque essa...do jeito como está essa atividade aqui, veja, o ensino de gravitação desse professor poderia ter se resumido a isso...tá?! Em explicar o que é a força que é o que tá na fórmula tá?! **Agora, existe uma outra possibilidade que tá apontada na sua fala que é relacionar a significação dessa fórmula com o sistema planetário, deu pra entender? É isso que você está sugerindo? Não?** (P – VC – Metodologia, grifo nosso).*

E a resposta de L2:

É...porque a forma como o professor traz aqui na situação ela é muito matematizada, e isso faz com que o aluno responda lá a questão a partir da questão exemplo né, responda automaticamente as outras questões. E as perguntas vem no desencontro disso né...as perguntas vêm em como é que eu tiro esse mecanismo do aluno e coloco nele conceitualmente [...] aí a gente pensou ao invés de uma forma de matematizar, pensar uma outra maneira de relacionar esses conceitos, pensamos no sistema planetário. (L2 – VC – Metodologia, grifo nosso).

Para complementar a matemática que veio na situação. Porque a situação ela é bem mecânica, e as perguntas norteadoras vêm pra tirar esse mecanismo automático do aluno, tirar o aluno do automático e colocar ele a pensar. Bom, eu preciso colocar ele dentro do mundo né (L2 – VC – Metodologia).

A fala de L2 sugere ampliar a discussão conceitual sobre o fenômeno, pois para ele a abordagem da aula fictícia privilegiou o formalismo matemático e a reprodução mecânica do conhecimentos. Dessa forma, a **analogia material** (atividade mental) com o sistema planetário seria uma forma de “colocar o aluno dentro do mundo” (L2), o

que estaria contribuindo para uma compreensão de caráter qualitativo sobre o fenômeno da gravitação. Mas quando L2 indica que a discussão com o sistema planetário seria uma forma de não matematizar a explicação sugere uma separação entre o mundo matemático (lei da gravitação) e o mundo físico (dos fenômenos). Ou seja, não seria uma forma de complementar o caráter matemático da lei da gravitação com indicado em sua fala, mas uma troca por uma explicação qualitativa. Nesse caso a Matemática seria uma ferramenta para acessar o mundo dos fenômenos, e não algo intrínseco ao entendimento que se tem sobre ele. Essa ideia acaba reduzindo a Matemática a uma ferramenta à disposição do físico, e pode implicar em práticas que privilegiam o uso dela de forma desarticulada com os fenômenos, tornando sua presença em certa medida irrelevante para os alunos em aulas de Física do nível básico.

Para responder Q3, que solicitava que os licenciandos escolhessem um exercício dentre os propostos e fizesse alguma modificação no sentido de romper o processo de resolução mecânica de exercícios, o grupo escolheu o seguinte:

Exercício 3 - Um corpo de massa m é atraído, quando colocado na superfície da terra, por uma força gravitacional de intensidade F . Determine a intensidade da força gravitacional sobre esse corpo quando levado sobre a superfície de um planeta de forma esférica cuja massa é oito vezes maior que a da Terra e cujo raio é quatro vezes maior que o terrestre. (Situação 1 – Anexo I)

L5 argumenta que o exercício 3 é um problema aberto, e logo, diferente dos problemas que os alunos já estariam acostumados a resolver. Ainda sugere algumas modificações:

*Então, essa modificação a gente fez da seguinte forma: Dois corpos de massa m_1 e m_2 , estão separados por uma distância D . Nessa configuração surge entre os mesmos uma força gravitacional atrativa de intensidade F . Determine a nova intensidade da força existente entre os dois corpos em cada uma das situações, ou seja, a gente vai ter dois corpos de massa m_1 e m_2 que são atrativos né, e que são separados por uma distância. **E é para eles explicarem a questão né...cada questão, discursivamente e***

matematicamente, lembrando que a força 1 é igual a F_2 , ou seja, igual a força, igual a um F . Então, são questões de “a” até “e” onde a letra “a” diz o seguinte: qual a diferença entre as forças atrativa entre os corpos se m_1 for o dobro de m_2 e se m_1 for metade de m_2 . Letra “b”: se a distância entre os corpos for dobrada. Letra “c”, se a distância entre os corpos for reduzida pela metade. Letra “d”, se o valor da massa m_1 for triplicado e o valor da massa m_2 for reduzido para um terço da massa inicial. Letra “e”, se o valores das massas e da distância entre os corpos forem triplicados. Então, pela questão ser um problema aberto a gente achou que poderia fazer essa modificação e pedir para os alunos não só fazerem matematicamente essa resolução, mas fazer uma discussão antes, onde possam auxiliar no entendimento da questão pra eles. (L5 – VC – Metodologia, grifo nosso)

Apesar de o exercício anterior não explicitar dados numéricos no enunciado, o processo de elaboração de hipóteses fundamental na concepção de problema aberto discutida por Gil-Pérez et al. (1992), já é dada no enunciado, quando se propõe dobrar e triplicar o valor das massas e distâncias. De fato o exercício proposto impede que o aluno possa listar um conjunto de dados, substituir em uma equação, realizar uma manipulação puramente matemática e chegar a um resultado, o que configuraria um processo de resolução mecânica. Mas uma vez que o aluno tenha descoberto que basta dobrar ou triplicar os valores das variáveis, o processo de resolução pode acabar se tornando mecânico. Esse fato nos leva a questionar se, assim como este, outros licenciandos não estariam entendendo um problema aberto simplesmente pelo fato de não existir dados numéricos explícitos no enunciado. Não é incomum professores escutarem frases do tipo “Professor, não está faltando algum dado nessa questão?” quando se solicita a resolução de algum exercício aos alunos. Poderíamos questionar se o próprio modo como se dá a formação do físico na perspectiva kuhniana não poderia ser um fator que impede estudantes de Física cogitarem a possibilidade de resolver exercícios que não disponibilizam todos os dados necessários para sua resolução.

Mas L5 ainda argumenta que não bastaria desenvolver esse cálculo. Seria preciso que os alunos desenvolvessem uma discussão sobre

o problema. Para esclarecer esse ponto o professor questiona o grupo sobre o modo como seria essa discussão:

[...] o que que você tá esperando que ele discuta tá, o que que vocês discutiram sobre isso, e essa discussão conceitual está relacionada com a parte matemática que ele vai ter que fazer? Porque no fundo tem uma parte matemática nesse problema também né...tá?!...deu pra entender? (P – VC – Metodologia).

Pela resposta de L5 fica claro que a discussão seria no sentido de testar diferentes configurações verificando relações de causa e efeito relacionado as grandezas envolvidas, o que já é um avanço em relação ao que frequentemente ocorre no EF.

[...] se caso a gente modificasse a massa entre [...] cada corpo, então se a gente aumentasse a distância entre elas, modificasse a massa, qual a força que deveria existir para ele se atrair...algo assim a discussão que eles deveriam fazer. (L5 – VC – Metodologia).

Podemos apontar também que o enunciado original do exercício 3 ainda informa que “um corpo de massa m é atraído, quando colocado na superfície da terra”. Ao se utilizar a lei da gravitação acaba-se por assumir de maneira implícita a idealização do planeta e do corpo como um ponto material, ou ainda desconsiderar a influência gravitacional dos demais corpos. Aspectos dessa natureza, se não explicitados, podem ser fonte de confusões para o aluno, pois pode não compreender o contexto de validade de leis físicas, ou em termos kuhnianos, que as generalizações simbólicas (leis físicas) possuem sempre um contexto de validade necessitando serem interpretadas para se adequarem a situações reais. Queremos com isso argumentar sobre a importância de explicitar aspectos relacionados ao processo de elaboração de modelos matemáticos sobre o mundo físico, ou seja, importância da presença da categoria **matematização – modelização** no Ensino da Física.

Sobre Q4, que solicitava o posicionamento dos licenciandos se o professor resolvesse discutir o problema apenas de maneira conceitual, sem usar a Matemática, L5 argumenta que inicialmente poder-se-ia desenvolver uma abordagem conceitual, e em seguida usar a Matemática para “finalizar” tal explicação. Como podemos acompanhar através de

sua fala, L5 encontra dificuldades para expressar o papel que a Matemática desempenharia na Física e também em seu ensino:

Eu entendo o seguinte, que para iniciar o conteúdo ele poderia utilizar só do conceito...mas a física a gente utiliza a matemática pra finalizar, ou seja, eu entendo que ele poderia fazer na introdução do conteúdo a parte conceitual, mas ele deveria utilizar a matemática, a física utiliza da matemática para explicar o conceito em si, a matemática caminha junto da física. (L5 – VC – Metodologia, grifo nosso).

Nesse momento o professor questiona se na situação 1 o modo como os exercícios foram colocados aos alunos eles teria uma compreensão conceitual do fenômeno:

Tá, mas isso você tá propondo que seja assim ou vocês acham que nessa aula que foi colocada, nessa situação que foi descrita, isso já está presente? Porque o professor no fundo fez isso...ele fez uma explicação conceitual e depois ele partiu pra matemática tá. Agora você tá dizendo que ao partir pra matemática o conceitual também está lá, e aí minha pergunta é [...] será que o conceitual está realmente envolvido nesses exercícios que foram colocados aqui de 1 a 4? (P – VC – Metodologia, grifo nosso)

A questão do professor se dá no sentido de entender se o modo como a situação 1 propõe os exercícios possibilitaria um compreensão conceitual vinculado a eles. Ao responder positivamente ao questionamento do professor, L5 nos indica certa dificuldade em distinguir uma abordagem que privilegia o entendimento da situação física envolvida de uma abordagem que privilegia a obtenção de resultados quantitativos. Nesse momento L2 argumenta novamente sobre a dificuldade de encontrar uma resposta para o papel desempenhado pela Matemática no ensino da Física. Mas admite que deixar de lado o caráter matemático do conhecimento físico tornaria o entendimento sobre o fenômeno incompleto:

Essa questão última aí foi uma das nossas maiores discussões, porque, por exemplo, pra alguns de nós

a física não sobrevive sem a matemática, por exemplo. [...] a gente entrou numa discussão enorme e não conseguiu chegar a um consenso com relação a isso. Eu particularmente acredito que sim, que a gente consiga conversar com os alunos sem envolver a matemática. Mas pra fazer o aluno perceber, por exemplo, a variação da força com relação as massas ou com relação a distância vai ser impossível [...] deixar a matemática de lado. (L2 – VC – Metodologia).

Se for pra eles [...] entender só o que é o conceito de força, que uma massa tá lá e atrai a outra, e...bem, e existe uma força entre elas, e é por isso que por exemplo o nosso sistema planetário se mantém dessa forma aí tudo bem...mas quando é pra ele perceber que a força varia, que a distância varia, que a massa varia, a matemática é impossível de ser deixada de lado. (L2 – VC – Metodologia).

Para estudar os conceitos de Física muitos professores utilizam da matemática para explorar ainda mais o conceito. Caso um professor utilize-se apenas do conceito para abordar um conteúdo, o mesmo irá ficar incompleto, pois a Física necessita da utilização da Matemática. (Grupo A – Tarefa 2)

Quando L2 diz que a Matemática não poderia ser deixada de lado se o objetivo é compreender a relação entre as variáveis, aponta para a concepção da Matemática como estruturante do pensamento físico. Essa ideia é importante, pois implica em uma mudança de postura em relação à presença da Matemática em aulas de Física. Como apresentado na situação 1, a aula poderia ter se resumido à apresentação da lei da gravitação e a resolução de exercícios privilegiando um processo mecânico. Mas sua fala em relação à presença da Matemática aponta para uma atitude de **interpretação** física da lei da gravitação, no sentido de se compreender a relação física entre as variáveis envolvidas, e não apenas aplicada à resolução mecânica de exercícios.

Outra crítica é feita pelo grupo quando o professor questiona se os exercícios propostos na situação 1 estariam proporcionando uma compreensão conceitual sobre o fenômeno. Se por um lado L5 apresentou

dificuldades na identificação de problemas relacionados ao modo como a situação 1 privilegia o tratamento mais abstrato e mecânico dos conceitos envolvidos, L2 é enfático ao argumentar que tal situação não contribui na explicitação do pensamento conceitual relacionado ao uso da Matemática.

Eu acho que eles [alunos] são capazes sim de pegar só os dados e aplicar na fórmula e dar o resultado, sem pensar nas equações física, sem pensar no conceito. (L2 – VC – Metodologia).

A própria situação encaminha pra isso professor. Não tem como fugir disso...nessa situação [situação 1] não tem como fugir disso. (L2 – VC – Metodologia).

Por isso que a matemática se faz tão presente aqui [situação 1]. Ai é muito simples...eles pegam os dados e colocam na fórmula e resolvem...o que na verdade acontece muito em sala de aula. (L2 – VC – Metodologia)

Quando os licenciados do grupo A foram questionados sobre as ideias das leituras obrigatórias que usaram para desenvolver sua análise disseram que realizaram uma leitura superficial dos mesmos, o que talvez explique em parte a falta de clareza em relação a alguns pontos solicitados, como a questão da concepção de problema aberto ou ainda sobre a crítica relacionada à separação entre aspectos conceituais e matemáticos do conhecimento físico. Pudemos verificar que os licenciandos do grupo A, quando solicitados a trabalhar com a Matemática de uma maneira que privilegiasse o entendimento conceitual das leis físicas sugeriram atividades e discussões que apontaram para três categorias que estão relacionadas a explicitação do caráter estruturante da Matemática na Física propostas por Karam (2012): **interpretação**, **analogia material** e **matematização – estruturas matemáticas**. A presença de tais categorias certamente remete a práticas que rompem com a tradição de apenas se apresentar modelos prontos e que favorecem o operativismo matemático com pouco espaço para a interpretação dos significados físicos no ensino. Entretanto não é possível afirmar que a presença delas garanta que os licenciandos tenham uma compreensão mais clara sobre o papel desempenhado pela Matemática na Física e no EF, como pudemos perceber na dificuldade que alguns tiveram para argumentar sobre a presença dela no ensino da Física. Pelo contrário,

verificamos que essa relação é uma questão polêmica e pouco clara, e que a ideia de trabalhar o ensino em uma perspectiva conceitual acaba sugerindo em alguns casos a equivocada separação entre Matemática e Física.

Grupo B: composto pelos licenciandos L3, L4, L15. Apenas L3 e L4 falaram.

O grupo B inicia sua apresentação fazendo uma análise geral da situação. Para isso usam alguns trechos das leituras obrigatórias, como podemos acompanhar pelas falas dos licenciandos.

Bom, primeiramente fazendo uma análise geral [...]...ficou um pouco pobre questão da discussão qualitativa né. O texto 1 [Gil-Pérez et al. (1992)], [...] primeiro parágrafo, página 9, onde fala assim “[...] a falta de uma prévia discussão qualitativa [...]”, ou seja, ele faz uma, uma crítica a falta dessa discussão qualitativa...a gente achou que merecia uma discussão maior né, com os alunos. Também no texto fala “[...] um operativismo mecânico com que se aborda habitualmente os problemas [...]” coisa que a gente também constatou na situação 1 né...aquela coisa operatória, aquela coisa de fazer mecanicamente, também na leitura 1. Ainda na leitura 1, tem uma parte que fala sobre, lá na conclusão, que fala sobre constatar que o operativismo, tratamento superficial, sem sequer analisar os resultados, é realmente muito generalizado entre os professores. Ou seja, a gente vê que, que ali nessa proposta dessa situação 1, essa coisa permanece. Na leitura 2 [Karam e Pietrocola (2009a)], tem é...tem uma parte que fala assim “[...] agora a física acabou, daqui em diante é só matemática”. Então a gente entende também que foi colocado a matemática de forma excessiva. Outras questões interessantes dentro das leituras, a leitura 2 tem um parágrafo ainda que fala: “é inegável que a capacidade de manipular tecnicamente muitas das ferramentas matemáticas (habilidades técnicas) é necessário, entretanto apesar da necessidade, essa condição está longe de ser suficiente”. Ou seja, da forma como foi tratado a situação foi um simples preenchimento das

fórmulas e pouca ou quase nenhuma discussão qualitativa e de conceitos. (L3 – VC – Metodologia).

Podemos observar que o grupo critica alguns aspectos presentes na abordagem da situação fictícia de ensino que se aproximam a pontos presentes nas leituras obrigatórias como: falta de discussão qualitativa, operativismo mecânico na resolução de problemas e falta de análise de resultados. Para L3 faltou uma discussão maior de caráter qualitativo antes de fazer uso da lei matemática, referenciando para isso um trecho do artigo de Gil-Pérez et al. (1992). Outra crítica é a falta de uma análise do resultado do exercício resolvido como exemplo, aspecto apontado também por Gil-Pérez et al (1992). Quando L3 cita o trecho de Karam e Pietrocola (2009a) “Agora a física acabou, daqui em diante é só matemática” (p. 191), argumenta que a Matemática se fez presente na situação 1 de maneira “excessiva”, o que podemos entender como uma crítica a ênfase dada para a Matemática que marginaliza a discussão qualitativa e conceitual. Fica evidente a influência que a leitura dos artigos obrigatórios tem na análise da situação fictícia.

Para complementar a análise feita por L3, L4 argumenta ainda sobre a necessidade de uma abordagem histórica e epistemológica, como podemos acompanhar em sua fala:

Antes de a gente começar a falar dessas questões norteadoras, é, então só uma análise geral que a gente teve do texto foi que ele diz que existe uma análise conceitual inicial, e tudo mais, mas ele não diz como foi feita essa parte...então pareceu um pouco pobre essa análise e a gente não sabia como seria feita e tudo mais, e a gente pensou que deveria ser uma análise talvez até histórica e epistemológica antes de chegar no conceito, de chegar na equação propriamente dita. É...a gente não tem noção de como teria sido feita essa abordagem, então, é...só essa questão de talvez não ter sido abordado devidamente que pode causar problemas depois pra uma análise um pouco mais matemática. Deu para ver também que foi muito separado essa parte...a questão conceitual da parte matemática, que foi o texto ali que ele citou...é...daqui pra frente, é...a gente vai...é só matemática. Então é...o que deu pra entender é que o professor abordou um conceito,

abordou um conceito físico, explicou o conceito físico, mas aí depois que ele apresentou a equação passou a trabalhar somente com a matemática, e esquecendo um pouco do conceito físico. Claro que de certo modo o conceito físico ele tá embutido nessa equação né, mas pareceu foi que ele propôs a equação a partir do conceito físico e a partir dessa equação ele usou a matemática pra chegar a alguns resultados, pra fazer exercícios, pra fazer o exemplo que ele propôs ali. (L4 – VC – Metodologia, grifo nosso)

Um aspecto que chama a atenção na argumentação de L4 é que em sua visão a falta de uma discussão de caráter histórico e **epistemológico** poderia prejudicar o ensino da lei matemática. Isso mostra uma preocupação de não apresentar a lei matemática apenas como produto e de forma descontextualizada. Essa ideia ficará um pouco mais clara nas respostas do licenciandos para Q1.

Outra crítica feita à situação fictícia foi o fato de o professor ter centrado a resolução do exercício exemplo no formalismo matemático deixando os conceitos físicos de lado, o que podemos entender como falta de **interpretação** física durante a explicação da lei matemática. Porém, ao argumentar sobre esse ponto, L4 salienta que “de certo modo o conceito físico ele está embutido nessa equação [lei da gravitação]”, o que se aproxima às ideias de Kuhn quando este autor afirma que a própria generalização simbólica atua como parte da definição dos termos que contém, ou na direção de linguagem estruturante do pensamento físico. Podemos interpretar que para L4 a Matemática teria também esse caráter, ou seja, ela seria mais do que um simples instrumento. Quando L4 diz que “[...] o professor [...] explicou o conceito físico, mas aí depois que ele apresentou a equação passou a trabalhar somente com a matemática, e esquecendo um pouco do conceito físico (L4)”, sugere uma crítica à separação entre o caráter matemático e físico da lei da gravitação. Ou seja, apesar de a lei matemática definir parte dos conceitos que contém, L4 parece criticar a manipulação matemática dela que não leve em conta a explicitação das significações físicas durante sua explicação. Essa argumentação sugere um posicionamento de linguagem estrutural a respeito da Matemática na Física.

Para responder Q1, novamente o grupo busca reforçar a ideia da necessidade de uma abordagem histórica e **epistemológica**. Mas agora o grupo deixa mais claro como seria essa abordagem:

*A ideia é melhorar, focar, intensificar a **história** né, da constatação, da definição da constante universal da gravitação com tratamento **epistemológico**. Considerando como o L4 falou aqui que já foi tratado algumas questões dos conceitos de força, a distância envolvida, mas a, uma constante é meio perturbador a gente ter uma constante dentro de uma equação e não tratada de onde que ela veio, o que que ela significa [...] então um tratamento epistemológico pra essa constante seria um dos caminhos que a gente utilizaria para a questão norteadora número 1 lá. (L3 – VC – Metodologia, grifo nosso).*

Destaca-se que L4 argumenta sobre a necessidade de uma discussão de caráter histórico, aspecto não presente nas categorias apresentadas por Karam (2012). Essa discriminação é importante pois estes alunos fazem um curso de Licenciatura em Física que visa ao ensino dessa disciplina no contexto do ensino básico, diferença fundamental de um curso que visa à formação de um cientista, como no caso analisado por Karam (2012). Em uma visão kuhniana, tradicionalmente aspectos históricos são suprimidos dos manuais destinados ao processo de formação científica: “é característica dos manuais científicos conterem apenas um pouco de história, seja um capítulo introdutório, seja, [...], em referências dispersas aos grandes heróis de uma época anterior” (KUHN, 2011, p. 177). O autor argumenta que em parte tal posicionamento se dá na tentativa de suprimir o erro e a confusão que um detalhamento histórico possa induzir, uma vez que:

Os manuais por visarem familiarizar rapidamente o estudante com o que a comunidade científica contemporânea julga conhecer, examinam as várias experiências, conceitos, leis e teorias da ciência normal em vigor tão isolada e sucessivamente quanto possível” (KUHN, 2011, p. 180).

Porém alerta que esse aspecto acaba por introduzir o pensamento de que o desenvolvimento do conhecimento científico seja algo linear e cumulativo, o que implica em uma visão distorcida do empreendimento científico. Citando um exemplo de desenvolvimento histórico da definição de “elemento” por Boyle, Kuhn (2011) argumenta que os conceitos científicos só possuem significado dentro de determinado

contexto. Dessa forma o autor parece sugerir alguns benefícios pedagógicos¹⁸ relacionados à incorporação de aspectos históricos nos manuais científicos, uma vez que a forma como o conhecimento científico foi incorporado no manual dado o contexto do desenvolvimento da definição de “elemento”, “determinou nossa a imagem a respeito da natureza da ciência e o papel desempenhado pela descoberta e pela invenção no seu progresso” (p. 183), segundo Kuhn, aspecto importante para a compreensão do conceito de “elemento” por explicitar os estágios do processo no aprimoramento desse conceito.

É nesse contexto que entendemos a ausência da categoria histórica dentre as analisadas por Karam (2012). Mas seu valor no ensino da Física em nível básico fica evidente quando nos voltamos a analisar a argumentação dos licenciados. A História da Ciência/Física aparece como umas das linhas de pesquisas em EF apontadas (mas não discutidas) na disciplina de Metodologia, também porque no mesmo semestre ela é objeto de estudo da disciplina de INSPE A (Anexo V)¹⁹, o que pode ser apontado num contexto mais imediato pelo aparecimento dessa categoria na fala dos licenciandos.

É interessante notar que mais do que ensinar as relações de natureza quantitativa entre as grandezas envolvidas na lei da gravitação, o grupo destaca a necessidade de discutir o papel da constante física presente na equação. Mas não como um simples número que dita a proporcionalidade da força, e sim sobre o próprio papel de uma constante de dentro de uma teoria física, ou seja, uma perspectiva **epistemológica**. De fato as constantes geralmente parecem não ter muito destaque tradicionalmente em aulas de físicas, mas quando L3 argumenta que “é meio perturbador a gente ter uma constante dentro de uma equação e não

¹⁸ Vale ressaltar que Kuhn não está interessando em discutir diretamente aspectos relacionados ao Ensino de Física. Kuhn está analisando o papel dos manuais científicos na manutenção de paradigmas, ou seja, na formação de comunidades científicas.

¹⁹ O capítulo 12 (Resgatando a História da Ciência) faz parte do livro referência da disciplina de INSPE A, e possui os objetivos de: analisar o papel da História da Ciência (HC) no Ensino de Física; determinar as omissões históricas na apresentação do conteúdo escolar e relacionar as representações intuitivas com os períodos históricos da Física; evidenciar ao longo da HC as principais linhas epistemológicas, suas convergências e suas divergências. Além disso uma das atividades da disciplina consistiu em os licenciandos elaborarem um texto didático baseado em HC sobre um conceito físico e estruturar uma sequência didática que faça uso desse texto em algum momento dela.

se tratada de onde ela veio” (L3) evidencia a preocupação de fazer os estudantes **interpretarem** o significado físico dela.

Complementando a fala de L3, L4 ainda sugere uma atividade gráfica que estaria relacionada à categoria **visual** e subcategoria **pictórico** para evidenciar a relação conceitual presente na lei da gravitação:

Essa questão ainda aborda, ela pergunta então quais seriam as relações entre essas grandezas física que estão ali na equação...então, qual seria uma maneira de explicar essas relações: seria propor talvez, uma atividade gráfica onde quando você aumenta a massa ou aumenta o tamanho e digamos que esse volume seja proporcional a massa, quando eu aumento o tamanho de uma das esferas eu aumento também a força que indica a tração entre elas ou quando eu aumento a distância, essa, essa força, esse vetor força ali que deve estar representado no desenho diminui quando eu aumento essa distância ou ao contrário...então é...a proposta seria pra explicar a relação de proporcionalidade entre a as grandezas físicas a ideia seria propor uma variação como o que que acontece quando eu vario essa massa, o que que acontece quando eu vario a distância entre elas, o que que acontece quando eu aumento uma massa e a outra eu diminuo...é, o grupo anterior até falou sobre isso né...falou que seria interessante propor essas variações aí, pra é, que se possa entender o que que está acontecendo e quais são as relações entre esses conceitos físicos né. (L4 – VC – Metodologia)

A atividade gráfica seria usada para discutir a influência das variáveis contidas na lei da gravitação. Poder-se-ia pensar porque o grupo B não pensou em usar a analogia com ímãs como o fez o grupo A e C. Sobre esse ponto é interessante analisar o questionamento entregue pelo grupo B com respeito ao uso das analogias com ímãs apresentada pelos grupos A e C:

Qual a vantagem em utilizar a comparação da força gravitacional com a força magnética, do ímã? O aluno não poderá ser induzido a pensar que as duas forças surgem devido a interações idênticas? A força de atração ou repulsão dos ímãs depende

apenas de suas massas? Se não, o aluno não iria se confundir caso conheça ímãs menores com maior potencial de atração ou repulsão? (Grupo B – Tarefa 2)

Apesar de não desenvolverem a analogia com ímãs em sua explicação, seus questionamentos mostram uma preocupação com as limitações relacionadas ao uso dela. Como já argumentado, seria necessário explicitar aspectos que dizem respeito a simplificações, idealizações e seleção de variáveis relevantes ligadas a analogia, o que está ligado à categoria **matematização** e subcategoria **modelização**. A ausência de explicitação de tais aspectos poderia incorrer em uma confusão da cabeça do estudante, devido a própria natureza dos fenômenos (gravitacional e magnético). O grupo B aponta certo nível de consciência a respeito da importância de tal explicitação no ensino.

Sobre Q2, que solicitava como abordar a resolução do exemplar de modo que explicitasse ao estudante a relação entre a estruturação matemática e o fenômeno, o grupo B reforça novamente a ideia de uma abordagem histórica e **epistemológica** e novamente desenvolver uma discussão qualitativa durante a resolução do exercício, no sentido de interpretá-la.

*Realmente é uma questão que não é muito simples né. Seriam exercícios mentais como o L4 colocou, de forma qualitativa com variações das grandezas envolvidas com variações das resultantes, de forma bem qualitativa, enfatizando conceitos, mas ao mesmo tempo utilizando a equação. Ou seja, nos moldes que o L4 falou. É...**levantar a discussão quanto ao nascimento dessa equação né**. De novo voltando a questão **epistemológica**, ocorrido na base da observação [...] de corpos celestes. **Portanto, é importante relatar que o conhecimento construído a partir das observações não são de experimentos manipuláveis**, e quando ele propõe um exercício inicial lá, fala de dois corpos sendo atraídos e a gente põe a matemática, a equação, e calcula essa força. **Na verdade a gente sabe que não temos como isolar a gravidade e isso é uma situação fictícia**. Então a gente vai ter que expor já nesse [...] momento essa questão de que, apesar de a gente calcular e ter um valor definido isso [...] **é um modelo que está longe de mudar a realidade**, está longe de conseguir essa*

situação, porque em qualquer lugar que tiver dois corpos [...] vão ter outros sendo influenciados pela gravidade né. (L3 – VC – Metodologia, grifo nosso).

Podemos observar também que há certa preocupação em explicitar aproximações necessárias para a aplicação da lei da gravitação, como desconsiderar a influência gravitacional dos corpos não envolvidos na situação. Essa argumentação está ligada à categoria **matematização** e subcategoria **modelização**. Segundo L3, apesar de se calcular um resultado numérico na resolução do exercício de aplicação na situação 1, este está longe de corresponder a uma “situação real”. Dessa forma L3 argumenta que o exercício é um modelo que não pode ser visto como um espelho fiel da realidade. Isso indica um posicionamento realista crítico²⁰ em relação aos modelos matemáticos na representação de situações físicas. Podemos notar esse posicionamento também em uma postagem feita no fórum, quando L3 cita um trecho de Karam e Pietrocola (2009a, p. 182) onde citam Mario Bunge:

Esse processo é uma espécie de diálogo com a natureza através de modelos e, ciente da impossibilidade de acessar a realidade, o físico tenta se aproximar sucessivamente da mesma através da construção de modelos cada vez mais precisos e com maior poder de previsão (BUNGE, 1974). (L3 – fórum Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física, grifo original – Metodologia).

Ao sublinhar o trecho correspondente fica claro o posicionamento realista crítico de L3 frente às terias físicas.

Ainda, complementando a resposta de L3, L4 indica novamente o uso da história do desenvolvimento da lei da gravitação universal como uma maneira de explicitar ao estudante porque a lei matemática tem aquela forma. É enfatizado neste caso que se chegou a formulação teórica

²⁰ O realismo crítico se opõe ao realismo ingênuo que conceberia um modelo explicativo como uma representação fiel da realidade. Segundo ABBAGNANO (2007, p. 834), o realismo crítico se caracteriza “segundo o qual o objeto imediato ao conhecimento é uma essência, ao passo que a existência nunca é aprendida imediatamente ou intuída, mas apenas afirmada, posta ou reconhecida por exigências emocionais ou práticas”.

da lei por meio de observações de fenômenos da “realidade” e não de algo desenvolvido em laboratório:

*Então, o que seria importante colocar pro aluno é isso que L3 falou, e explicar, eu não sei de qual modo, a gente não chegou a entrar nesse detalhe, de qual modo poderia explicar isso, mas **que essa equação é derivada de observações da realidade**, ou seja, observações e medições de distância, de período de rotação [...] da Lua em torno da Terra ou da Terra em torno do Sol é...com essas medições de períodos de rotação, de distâncias, e do cálculo aproximado das massas é que se chega a essa conclusão. Então através da análise da realidade de algo que tá acontecendo, que não é um experimento criado por alguém, que é algo que tá acontecendo mesmo, através da análise disso e da captura desses dados é possível chegar a uma equação dessas certo, então não é algo manipulado que se possa fazer em laboratório né. (L4 – VC, grifo nosso).*

A discussão precedente é de natureza **epistemológica** uma vez que busca discutir aspectos relacionados à própria natureza do conhecimento científico. Esse posicionamento indica que L4 está preocupado em evidenciar para o estudante que as teorias da Física são desenvolvidas e dizem respeito à realidade. Apesar de sugerir uma separação sobre o que é observado na “realidade” e o que seria observado no laboratório, atribuindo certo sentido não real aos trabalhos desenvolvidos em laboratório, podemos destacar a importância que L4 dá para discussões de caráter epistemológico no EF:

Quando a relação da epistemologia com o Ensino de Física [...] acredito que entender o processo de produção do conhecimento científico é essencial para que se possa ensinar a Física. Conhecer como e porque as teorias científicas são elaboradas é extremamente importante para que se possa dar sentido ao conhecimento e estimular os alunos. (L4 – fórum Epistemologia e o Ensino de Física – INSPE A).

Quando L4 tenta desenvolver uma síntese de suas conclusões sobre a discussão das correntes filosóficas podemos encontrar ainda a influência da disciplina de Didática Geral cursada em semestres anteriores:

Quanto a relação entre o empirismo e o racionalismo, encontrei um pequeno parágrafo na pg. 16 do livro de Didática Geral: "A produção de conhecimento científico não se reduz à observação, à experimentação e ao uso da lógica e da matemática, muito embora sejam elementos constituintes da produção." Penso que o empirismo e o racionalismo devem ser complementares e não como concorrentes. (L4 – fórum Epistemologia e o Ensino de Física – INSPE A).

Fazendo referência à Didática Geral²¹, parece que L4 concorda com o argumento de que a produção do conhecimento científico não pode ser reduzido à Matemática, e em concordância com falas anteriores, o EF não poderia se resumir a simples apresentação de leis físicas sem qualquer tipo de contextualização histórica e epistemológica.

Além disso aspectos relacionados a produção do conhecimento científico em uma perspectiva sociológica foram objeto de estudo da disciplina de Metodologia na terceira semana de aula por meio de um fórum e uma resenha. Podemos destacar um posicionamento sobre neutralidade e não neutralidade do conhecimento científico por L4 no início das discussões:

Concordo com o ponto de vista de que o conhecimento científico em si é neutro, porém, ao contrário deste, a comunidade científica não é "neutra" e, é ela quem tem a maior influência sobre como o conhecimento produzido é utilizado. (L4 – fórum de discussão sobre Flor (2003)²² – Metodologia).

²¹ Destacamos que essa disciplina é ministrada por um professor com formação básica em física do centro de educação e tem forte viés epistemológico.

²² As discussões se desenvolveram com base no artigo de Cristhiane Cunha Flôr, intitulado "A história da síntese de elementos transurânicos e extensão da Tabela Periódica numa perspectiva Fleckiana". Pode ser encontrado em < http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc31_4/05-HQ-0409.pdf >.

Sem entrar no mérito da discussão, é interessante notar que a perspectiva epistemológica apresentada por L4 na análise da situação 1 pode ser entendido como resultado da intensa presença de discussões dessa natureza em diferentes disciplinas destinada a formação de professores de física, importante aspecto para entender sobre o processo de produção e desenvolvimento do conhecimento que será objeto de ensino, ou seja, a Física.

Sobre Q3 que solicitava que os licenciandos propusessem modificações em um dos exercícios com objetivo de inibir a resolução mecânica, o grupo propõe sua modificação inspirados na ideia da modelização presente em Karam e Pietrocola (2009a). Os autores relacionam a modelização com a habilidade de transitar entre diferentes representações de um fenômeno físico (conceitualmente, matematicamente, graficamente, pictoricamente e experimentalmente). Novamente sua proposta está fortemente relacionada com a necessidade de aproximar o exercício “matemático” com a “realidade”. Então o grupo propõe que os estudantes elaborem uma representação do problema em forma de figura obedecendo a uma escala:

*Na leitura 2 [Karam e Pietrocola (2009a)], uma parte que fala sobre modelização, e maneiras de se criar uma modelização, fala de conceitos, fala da matematicamente, matematicamente, pictoricamente, que fala de desenhos, figuras, nós iríamos propor para o primeiro exercício, coisa relativamente simples, mas seria a necessidade criar uma figura correspondente ao problema respeitando uma escala. A gente discutiu bastante, eu e o L4, mas a gente viu que tem um espaço interessante pra [...] aproximar aquele problema que tá bem mecânico, bem matemático, a trazer um pouco pra realidade. Ou seja, **a proposta é criar uma figura que tenha uma escala, com o objetivo de ter uma ideia, uma aproximação dos diâmetros, e dizendo considerando a densidade da Lua e da Terra que sejam iguais. Quer dizer, é uma questão meio aberta. O aluno vai [...] ter que pensar, vai ter que propor uma solução. Posteriormente, dentro desse mesmo exercício realizar uma pesquisa quanto aos diâmetros e distâncias atualmente aceitas né, fazendo um desenho esquemático. A gente se baseia na leitura 1 [Gil-Pérez et al. (1992)] que fala da questão da***

resolução de problemas como investigação. Apesar de ser uma coisa bem simples, a gente tratando essa questão da investigação e da motivação. O texto fala: considerar qual pode ser o interesse da situação problemática abordada. Ou seja, a gente traz aquele problema por alguma coisa mais próxima, mais próxima do real. (L3 – VC – Metodologia).

A proposta de L3 aponta para a categoria **visual** e subcategoria **pictórico**. O objetivo da atividade seria utilizar dos resultados do exercício 1 para desenvolver uma representação em forma de figura respeitando-se os resultados encontrados. Essa seria uma maneira para os alunos interpretarem os resultados e compará-los com dados “reais” como diâmetros e distância entre Lua e Terra. L3 ainda argumenta que essa seria uma forma de motivar os alunos a resolver o problema, como discutido por Gil-Pérez et al. (1992). Complementar a essa ideia, L3 diz que poder-se-ia desenvolver uma representação em forma de gráfico para que os estudantes possam compreender as relações entre as variáveis:

Uma segunda forma de abordar seria pedir a construção de um gráfico na forma da força gravitacional em função da massa de um dos corpos e outro gráfico da força gravitacional em função da distância, ou seja, um exercício que tá bem simples, a matemática já tá resolvida digamos assim, ele vai criar umas duas tabelas e vai formar dois gráficos, e posteriormente analisar esse gráfico. (L3 – VC – Metodologia).

A atividade gráfica seria outra forma de representação relacionada a categoria **visual** e subcategoria **pictórico**. Complementando as ideias de L3, L4 enfatiza a importância que o papel da análise do gráfico possui após sua construção:

Analisar que é exatamente a parte importante pra ele entender o que tá ocorrendo, o que que ocorre com relação a massa e a distância dentre essas massas. Então se eu analisar quando a distância tende a infinito o que que acontece, quando a distância tende a zero...isso é uma análise de certa forma matemática mas que remete aos conceitos físicos também. Então quando eu vario a minha distância eu entendo que a minha força também

varia proporcional ao quadrado dessa distância. E quando eu vario a minha massa eu também vou compreender que a minha força varia proporcionalmente a essa massa. Então esses conceitos, por mais que sejam matemáticos, um tanto matemáticos, eles estão envolvidos diretamente com os conceitos físicos que seriam um pouco mais complexos de explicar sem essa matemática mais formal que a gente tem aí. (L4 – VC – Metodologia).

Podemos perceber que a análise de casos limites, como quando a distância tende ao infinito ou à zero, seria uma estratégia para **interpretar** lei da gravitação. Essa interpretação gráfica seria uma forma de explicitar para o aluno a relação entre as grandezas envolvidas (massas, distâncias, força), como a relação com o quadrado da distância ou a proporcionalidade com a massa.

É interessante notar ainda que quando L4 comenta que a falta da matemática dificultaria a explicação dos conceitos físicos e logo seu entendimento, sua ideia vai de encontro ao posicionamento de alguns autores frente ao papel da Matemática possui na Física como Feynman (2012) ao afirmar que “é impossível explicar honestamente as belezas das leis da natureza sem nenhum conhecimento de matemática. Sinto muito, mas parece que é assim (p. 45)”. Ou seja, o posicionamento do grupo frente ao papel da Matemática aponta para ela como linguagem estruturante da Física.

Sobre Q4 que perguntava aos estudantes sobre a possibilidade de trabalhar a situação 1 apenas de maneira conceitual, considerando a possibilidade de não usar a matemática em sua explicação, o grupo destaca que apesar da importância que a discussão conceitual tem, mas que deixar a matemática de lado tornaria a explicação vaga e prejudicada. Neste sentido o grupo 2 elenca dois principais prejuízos de trabalhar o conteúdo sem utilizar a linguagem matemática:

Bom, apesar de a gente estar discutindo a importância do conceitual né, [...] a gente percebe discutindo parece que vai ficar muito vago essa questão só do conceitual, e teríamos alguns prejuízos, basicamente dois prejuízos: a própria compreensão do fenômeno nos parece que vai ficar comprometida quando a gente retira completamente a matemática, a equação, e trata

só o conceito; e também a gente perderia a oportunidade de aproximar, mesmo que de forma superficial, o aluno das ferramentas utilizadas para a construção desse conhecimento. E vai afastar o aluno também de toda a epistemologia envolvida. Então, tratar conceitualmente sim, é joia, utilizaríamos essa ideia. Mas não retiráramos completamente a questão da equação. Então faríamos de forma paralela a questão dos conceitos, e com exemplos quantitativos simples, dando ênfase ao conceito. (L4 – VC – Metodologia, grifo nosso).

Novamente a postura em relação ao papel da Matemática para o grupo fica evidente, pois ao considerarem que a compreensão do fenômeno seria prejudicada, estão atribuindo um papel fundamental para a Matemática, não apenas como uma simples ferramenta de cálculo, mas uma ferramenta que se torna essencial para o entendimento do fenômeno. Destacamos que a questão norteadora 4 (Q4) induz a se pensar na possibilidade de uma separação (aparente) entre conceito e lei matemática. Quando L4 argumenta que “a gente percebe discutindo parece que vai ficar muito vago essa questão só do conceitual” no início de sua fala, indica que talvez não seria possível separar a explicação em uma parte matemática e uma parte física. Ou seja, a própria lei escrita matematicamente já seria conceitual. Além disso o grupo ainda demonstra preocupação com relação a passar uma visão equivocada da própria natureza conhecimento físico ao se tirar a Matemática, pois segundo eles ao excluí-la da explicação se “perderia a oportunidade de aproximar, mesmo que de forma superficial, o aluno das ferramentas utilizadas para a construção desse conhecimento” (L3). Esta afirmação traz ainda uma ideia muito interessante, pois entendendo a Matemática como uma linguagem da Física, o não domínio dela de certa forma se torna fator de exclusão no ensino. Deste modo, uma ideia presente nesta afirmação é o de incluir o estudante mesmo que de forma superficial no acesso ao conhecimento físico por meio da Matemática, e não a de exclusão.

Citando novamente as leituras obrigatórias, o grupo diz que não é possível retirar a Matemática do entendimento sobre as ideias da Física, pois o próprio raciocínio Físico seria matemático, ou seja, seria um raciocínio conceitual. Então para o grupo parece que a aparente separação entre entendimento conceitual e entendimento matemática não seria algo possível.

O que a gente percebeu pelo menos com essa leitura em com as leituras dos textos é que por mais que se queira desvincular a matemática e o conceito isso não é tão possível e tão simples assim, porque mesmo quando eu estou explicando sem a minha equação eu estou utilizando uma lógica matemática, de certa forma algum conceito matemático para explicar é, esse aumento da força quando eu aumento a massa ou essa diminuição da força quando eu aumento a distância. Então, de um certo modo tá implícito essa matemática mesmo no conceito. Por mais que a gente tente separar isso daí, a gente pode até separar a equação, a parte mais formal da matemática do conceito, mas o que parece é que tirar o conceito e a matemática, desacoplar esses dois é meio complexo, meio inviável, né, meio prejudicial ao conceito em si. Os conceitos, os próprios conceitos físicos me parece que já são criados voltados pra essa lógica matemática. Então eu acredito que essa separação não seja tão possível quanto a gente coloca aqui. (L4 – VC – Metodologia, grifo nosso).

A fala de L4 aponta para a ideia de falso problema discutida por Boniolo e Budinich (2005) quando argumentam que o conhecimento físico não pode ser dividido em uma parte matemática e uma parte física, uma vez que as teorias físicas são desenvolvidas através da Matemática. Ou ainda próximas das ideias de Kuhn quando este autor indica que a própria generalização simbólica define em parte os termos que a compõe. Novamente a fala de L4 indica que a Matemática é um instrumento para pensar o mundo físico, ou seja, ela é estruturante do pensamento físico.

Na análise do grupo B, pudemos identificar quatro categorias e seis subcategorias analisadas: **interpretação, epistemológica, histórica, matematização – modelização e visual – pictórico**. O aparecimento de tais categorias está intimamente relacionada a uma reflexão epistemológica sobre a natureza da Física. Pudemos observar que tal reflexão epistemológica implicou em uma análise que esteve preocupada em incorporar os modos de proceder da Física em seu ensino e que discussões de natureza epistemológica são fundamentais para o entendimento dos conceitos estruturados matematicamente. Relacionada a esse posicionamento epistemológico, notamos ainda que a Matemática esteve ligada a uma visão que a considera um instrumento de pensamento para compreender e para ensinar os conteúdos da Física, ou seja, a

considera no sentido de linguagem estruturante. Isso reflete na importância de termos desenvolvido esse tema no final do semestre, após os estudos de epistemologia de INSPE A que ocorriam paralelamente.

Grupo C: composto pelos licenciandos L6, L7 e L8. Apenas L6 e L7 falaram.

Na análise feita pelo grupo C podemos identificar a categoria **analogia** e subcategoria **material** relacionada a uma atividade prática, quando sugerem o uso na analogia com ímãs para facilitar o entendimento do aluno sobre a lei da gravitação no sentido de **interpretá-la** fisicamente. Podemos observar também que L6 deixa explícita a ideia de que através da analogia poder-se-ia justificar para o aluno que a relação de atração entre os ímãs não varia de forma linear em relação à distância. Essa ideia está relacionada com a categoria **matematização – estruturas matemáticas**.

*[...] a ideia que a gente teve assim de aplicar o conteúdo é **primeiro fazendo uma analogia com ímãs né**, como o pessoal também citou de outros grupos. **Acho que seria a maneira mais direta pro aluno entender**. Então tu podias fazer analogia com ímã grande, com ímã pequeno, um outro ímã maior primeiro, e tentar colocar para eles é, a relação de forças do ímã mesmo, [...] que um ímã tu aproxima ele atrai mais, tu afasta ele atrai menos, para eles perceberem também que tu afasta um pouco o ímã e a partir de um ponto ali ele atrai bem, se tu vai afastando ele a uma determinada distância parece ele não atrai mais, não é uma coisa linear essa atração. (L6 – VC – Metodologia, grifo nosso).*

A importância de usar a **analogia material** (atividade prática) para justificar a presença de determinadas estruturas matemáticas na lei da gravitação fica mais clara quando L6 argumenta que poder-se-ia evidenciar ao aluno com um caso prático, sensível, o efeito da presença do inverso do quadrado da distância e sua influência na força de atração, ou seja, seria uma forma de testar esse efeito, como argumenta L6:

[...] aquela analogia feita com imas ali é importante [...] não só pra trazer o conteúdo mais

próximo da realidade do aluno, de alguma coisa palpável, que ele tenha contato com o conhecimento, o professor pode fazer também de maneira prática na sala de aula. [...] ele pode até mostrar para o aluno de maneira análoga o efeito do inverso do quadrado da distância. Por quê? Porque o ímã, quando tu aproxima o ímã, tu afasta o ímã um do outro, tu pode perceber [...] que a força de atração ela não é linear. Em uma certa distância parece que não atrai mais, ou ele começa a atrair com bastante força a partir de certo ponto. Então mostrar pra eles que esse tipo de interação não é uma coisa linear, não é uma coisa que ele vai atraindo devagarzinho até chegar num ponto que fica forte, ou vai afastando e vai diminuindo conforme ele afasta. Não, ele vai mostrar pra ele que conforme vai afastando o ímã um do outro essa força ela vai diminuindo razoavelmente bastante. Então até chegar a partir de uma certa distância, até não muito grande, ele simplesmente não atrai mais. Então tu pode até mostrar aquela relação matemática. [...] posteriormente, tu pode mostrar pra eles onde é que se encontra aquela relação matemática que fala [...] que a força é inversamente proporcional ao quadrado da distância. (L6 – VC – Metodologia, grifo nosso).

Ou seja, através da **analogia material** (atividade prática) seria possível construir a ideia de que a relação existente entre as forças de atração é proporcional ao inverso do quadrado da distância. Mas L6 também indica uma preocupação em explicitar algumas diferenças entre a analogia com ímãs e a lei da gravitação, com podemos acompanhar a seguir:

[...] aquelas outras relações que a gente faz com os planetas maiores, menores, ou até o ímã mesmo maior ou menor, como o L7 até falou no outro exemplo dele ali, é bom também pra que eles percebam que essa força é uma força que depende da massa e não do volume. Então, é uma coisa que tu também já vai trabalhar pra eles começar a diferenciar isso. (L6 – VC – Metodologia, grifo nosso).

Quando L6 argumenta que através da analogia com ímãs pode auxiliar para que os alunos “percebam que essa força é uma força que depende da massa e não do volume” (L6), podemos identificar a presença da categoria **matematização** e subcategoria **modelização**, uma vez que tal categoria está relacionada com uma abordagem explícita sobre as variáveis relevantes do fenômeno. Ou seja, a **analogia material** (atividade prática) poderia proporcionar uma discussão frutífera para clarificar diferenças entre massa e volume e sua relação com a força gravitacional.

Sobre Q2, que solicitava aos licenciandos que explicitassem porque a lei da gravitação tem aquela forma matemática durante a resolução do exercício da situação 1, o grupo C sugere uma **analogia material** (atividade mental), em uma atividade com uma situação em que faça os estudantes emitirem hipóteses, como podemos acompanhar ela fala de L6:

[...] a gente poderia fazer uma analogia do tipo assim: [...] tu tens duas situações: é o Sol com um planetinha bem pequeno só que bem próximo e o Sol com um planeta bem grande e bem longe do Sol. Qual das duas situações teria a maior força de interação gravitacional? Então tu colocaria os alunos a pensar. Eles iam fazer relações ali, ajudar eles a pensar fisicamente sobre isso aí. Depois [...] tu podia [...] fazer algumas relações com a questão matemática também para mostrar para eles [...] qual dos dois que teriam maior interação gravitacional realmente. (L6 – VC – Metodologia).

Tal situação se aproxima à noção de problema aberto proposta por Gil-Pérez et al. (1992), pois dessa forma os alunos são levados a imaginar a situação física em questão e emitir hipóteses sobre ela. Neste caso a lei matemática poderia ser usada para auxiliá-los na emissão de hipóteses, direcionando seu pensamento sobre o fenômeno e também no teste delas.

A atividade proposta por L6 está estreitamente relacionada à leitura de Gil-Pérez et al. (1992), como ele mesmo argumenta:

[...] essas duas partes aqui [Q1 e Q2] a gente analisou fazendo relação com o texto 1. O texto 1 na página 14 aonde ele traz no item 3, ele traz uma ideia [...] que diz assim ó: emitir hipóteses fundamentadas sobre os fatores dos quais podem

depende a grandeza buscada e sobre a forma dessa dependência imaginando em particular casos limites de fácil interpretação física. [...] Então tu expõe o aluno a situações limites onde ele vai ter que buscar um raciocínio em cima disso. Ai depois sim tu traz as questões, tu traz o conhecimento matemático [...] para mostrar pra eles [...] aonde é que eles estão pensando de uma maneira certa e aonde é que eles estão pensando de uma maneira errada. (L6 – VC – Metodologia).

Novamente podemos perceber que a argumentação de L6 está na direção da **interpretação** física da lei da gravitação. A Matemática está presente na proposta do grupo como um mecanismo hipotético-dedutivo, que serve para auxiliar a geração de hipóteses e também como verificador delas. Segundo Gil-Pérez et al. (1992), após a elaboração da hipótese devidamente fundamentada, é necessário “submeter, cuidadosamente, as hipóteses à prova, duvidar do resultado, buscar a coerência global” (p. 14), o que parece ser o sentido que o grupo atribui ao papel da Matemática para a situação proposta. Destaca-se que esse posicionamento não recai sobre mera aplicação da lei da gravitação, mas sim em uma aplicação orientada pela hipótese, como verificadora dela. Ou seja, ela passa a ser um instrumento que auxilia o estudante a pensar o fenômeno, a ter mais clareza sobre ele, e não apenas uma maneira de quantificar determinadas grandezas.

Sobre Q3, que solicitava que se escolhesse um dos exercícios para ser modificado objetivando romper com o hábito de resolver os problemas mecanicamente, o grupo C classifica os quatro problemas propostos na situação como muito “matematizados” sugerindo então que todos devam sofrer modificações: “Eu pensei e escolhi os quatro. Pra mim os quatro exercícios estão muito matematizados [...]” (L7), e em seguida justifica esta posição: “Eles [estudantes] não estão pensando antes de responder, eles vão simplesmente aplicar na fórmula e vão achar o resultado e vão dizer: ah, a força é maior ou a força é menor” (L7). Esta fala evidencia uma análise crítica em relação à situação proposta, como propagadora de resolução mecânica.

Como proposta, L7 sugere exercícios que, segundo ele, invertem a atitude do estudante na resolução de um problema, de forma que exijam que os estudantes pensem antes de saírem desenvolvendo cálculos. Para L7 após realizarem os cálculos chegando a um resultado, os estudantes raramente pensarão na situação física envolvida. Novamente o

descontentamento com a didática tradicional de resolução de problemas fica evidente, ao citarem um trecho de Karam e Pietrocola (2009a):

Também tem uma parte do texto que é interessante: “os alunos consideram ter resolvido um problema quando obtém um número, no caso uma solução matemática, sem parar para pensar no significado desse número dentro do contexto científico no qual está enquadrado o problema (POZO; CRESPO 1998, p. 81 apud KARAM; PIETROCOLA, 2009a, p. 188)”. Então, como eu falei antes, aqui no texto também com certeza as pesquisas mostram que os alunos achando um número como resposta eles já ficam satisfeitos, a maioria dos alunos, não vou dizer todos, mas generalizando os alunos pensam dessa forma, achou uma resposta matemática tá bom. Então por exemplo, quando eles encontram uma distância percorrida negativa eles não imaginam que tá errado aquilo ali, porque distância não pode ser negativa. Ninguém anda 10 metros negativos, e eles respondem isso e para eles está bom porque a matemática pode dar negativo, mas na física espaço, tamanho, comprimento não existe negativo, e eles normalmente interpretam assim. (L7 – VC – Metodologia).

As modificações propostas por L7 remetem novamente aos problemas abertos e à necessidade de elaboração de hipóteses, que teriam como objetivo inibir a falta de interpretação física na resolução de problemas, ou melhor, fazer com que o estudante não possa chegar em um resultado sem antes ter analisado qualitativamente a situação física. Além disso, em suas propostas a Matemática aparece como uma forma de verificar as hipóteses, como podemos observar em sua fala:

[...] eu poderia fazer um exercício do tipo assim: vários corpos de massas diferentes e pedi-los para que interpretassem qual deles que a força seria maior ou menor. Por exemplo: entre o Sol e a Terra e entre a Terra e a Lua, qual das duas forças que é maior? Com certeza [...] alguns diriam que entre a Terra e a Lua a força é maior porque tão mais perto. Outros diriam não, entre o Sol e a Terra é que é maior porque o Sol a massa é maior. Como que eles teriam certeza do que estão falando?

Matematicamente. Não tem como imaginar alguma coisa por que as vezes a força tem pouca diferença, por mais que esteja muito distante ou por conta das massas variarem e a distância variar. **Então a gente tem que fazê-los pensar para depois aplicar a matemática, e não aplicar a matemática para depois pensar, que eles dificilmente pensam. Então depois que eles acham um resultado numérico eles não vão querer mais pensar, dificilmente.** (L7 – VC – Metodologia).

Fica claro que uma discussão inicial sobre o problema com objetivo de desenvolver hipóteses é uma estratégia presente na argumentação de L7. Porém a ideia subjacente nessa fala sugere que a Matemática seria apenas uma maneira de verificar o resultado, ou seja, não há menção em considera-la como um instrumento que possa auxiliar a emissão de hipóteses. Essa ideia fica evidente quando cita um trecho de Karam e Pietrocola (2009a) para justificar o uso da Matemática na análise quantitativa após a análise qualitativa do fenômeno:

Até no texto 2 tem uma parte que eu achei interessante aqui, eu queria até comentar, aonde ele fala da quantificação ali, de uma supervalorização da quantificação [...] diz assim: “Geralmente, [os problemas quantitativos] são um meio de treinamento que, ao familiarizar os alunos com o manejo de uma série de técnicas e algoritmos, ajuda-os a fornece-lhes os instrumentos necessários para abordar problemas mais complexos e mais difíceis. A quantificação, por sua vez, permite estabelecer relações simples entre as diversas magnitudes científicas, o que facilita a compreensão das leis da natureza (POZO; CRESPO, 1998, p.80 apud KARAM; PIETROCOLA, 2009a, p. 188) Ou seja, como eu falei aqui antes, a gente vai pensar primeiro na força, qual que é mais forte? A Terra e o Sol ou a Terra e a Lua? Qual a interação mais forte? Com certeza inicialmente poderiam errar, mas eles não saberiam dizer especificamente o modo dessa força. Mas tendo o valor da massa da Terra, da massa da Lua e tendo a distância entre a Terra e a Lua e a Terra e o Sol, eles poderiam calcular e saber, e eles iriam compreender qual das duas é

mais forte, e iriam entender nesse caso que tem que levar em conta a distância e as massas, não simplesmente aplicar os problemas sem pensar qualitativamente. (L7 – VC – Metodologia, grifo nosso).

O trecho é uma citação de Pozo e Crespo (1998) do famoso livro em que discutem como resolver problemas. É interessante destacar que para Karam e Pietrocola (2009a) o trecho citado supervaloriza o papel da quantificação no processo de resolução de um problema, transmitindo uma “visão ingênua/distorcida em relação ao papel da Matemática na estruturação do pensamento científico” (p. 188). Apesar de L7 argumentar sobre a importância de uma análise qualitativa prévia anterior aos cálculos, acaba por dar ênfase ao uso da Matemática para quantizar as hipóteses. Dessa forma acaba sugerindo uma separação entre o problema matemático e o problema científico, visão criticada por Karam e Pietrocola (2009a, p. 189): “Será possível admitir que a solução matemática é mesmo somente um número e ao mesmo tempo, considerar que a solução científica prescinde de uma matematização?”. Quanto L7 diz que ao calcular os estudantes “iriam entender nesse caso que tem que levar em conta a distância e as massas, não simplesmente aplicar os problemas sem pensar qualitativamente” pressupõe que a análise quantitativa seria responsável pelo estudante chegar a essa conclusão. Mas de fato o simples cálculo não seria suficiente para proporcionar essa conclusão se o estudante não buscasse a interpretação física da lei da gravitação, compreendendo quais são as variáveis relevantes e como a mudança de uma influencia na outra. Apesar de argumentar que os exercícios propostos na situação 1 incentivam o operativismo mecânico, L7 tem dificuldade para repensar a forma como a presença da Matemática poderia ser trabalhada na resolução de exercícios que não a obtenção de um resultado quantitativo.

Sobre Q4 que questionava os estudantes sobre a possibilidade de trabalhar o EF sem usar a Matemática, o grupo apresentou uma resposta que não foi possível apontar seu posicionamento. Mas nas discussões que ocorreram no fórum desenvolvido na disciplina de Metodologia, pudemos encontrar respostas para ela nas argumentações de L6 e L7:

Na tarefa 1²³ vimos que pensamos rapidamente em aplicar números para usar a Matemática para calcular uma posição ou um deslocamento, assim como no cálculo de força ou taxas. **Então, como fazer um Ensino de Física sem o uso da matemática? Talvez seja algo impossível**, por exemplo: quando ensinamos que um corpo acelerado em um referencial inercial se distancia da origem com uma velocidade cada vez maior, o aluno que sabe o que é um corpo acelerado, entenderá facilmente. Mas a partir do momento que aplicarmos dados na equação de Torricelli, talvez a maioria irá entender melhor o que foi dito. **Aqui vemos que o conceito apenas, não garante o aprendizado, ou o entendimento.** Assim como em algumas experiências de laboratório, sabemos o conceito, ou a teoria, mas ao aplicarmos nas experiências nos traz um conhecimento empírico além daquele já estudado. (L7 – fórum Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física – Metodologia, grifo nosso).

Não conseguimos desenvolver habilidades estruturantes, ou seja, não tivemos "capacidade de fazer um uso organizacional da Matemática em domínios externos a ela" (KARAM; PIETROCOLA, 2009a, p. 194). Isso avaliando o meu erro quanto ao problema e o erro dos demais colegas [...]. **Sinceramente professor, não sou a favor da desmatematização da Física para ensino médio.** Acho que isso é tapar o sol com a peneira, acho que é como dar analgésico para dor em vez de tratar a causa dela. **Acho que devemos sim, saber como abordar a Matemática no ensino médio sem que vire um operacionismo, uma decoreba de fórmulas, mas num sentido de desenvolver no aluno a capacidade de desenvolver habilidades estruturantes. Física e**

²³ A tarefa 1 consistiu em determinar distância percorrida por um objeto que descreve uma trajetória pela função $e = 25 + 40t - 5t^2$ para 5 segundos, como proposto por Gil-Pérez et al. (1992). Como argumentado no capítulo 2, posição e distância percorrida não coincidem quando substituído de $t = 5$ s diretamente na equação.

Matemática são indissolúveis e é um erro privar o aluno disso. Ele deve descobrir como as duas interagem pois é aí que está a beleza dessa ciência. (L6– fórum Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física – Metodologia, grifo nosso).

Ambas as falas ocorreram nos últimos dias de discussão do fórum. Elas aparecem na tentativa de elencar motivos para responder porque praticamente todos os licenciandos resolveram de maneira mecânica o exercício da tarefa 1 o que gera resultados errados para o mesmo. Podemos notar que para ambos a Matemática deve estar presente no EF, porém as justificativas são diferentes. L7 argumenta que apenas dominar os conceitos não garante entendimento dos conhecimentos da Física, o que poderia ser suprido com a quantização de um resultado. Como já argumentamos, essa separação entre conceito e lei matemática é superficial, não existe. Talvez isso explique a dificuldade em que os licenciandos encontram para argumentar a favor de fugir da Matemática no EF, ficando apenas com uma discussão “conceitual”. Podemos observar isso também em um trecho da fala de L7 anterior:

[...] quando ensinamos que um corpo acelerado em um referencial inercial se distancia da origem com uma velocidade cada vez maior, o aluno que sabe o que é um corpo acelerado, entenderá facilmente. Mas a partir do momento que aplicarmos dados na equação de Torricelli, talvez a maioria irá entender melhor o que foi dito. Aqui vemos que o conceito apenas, não garante o aprendizado, ou o entendimento. [...]. (L7 – fórum Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física – Metodologia, grifo nosso).

Percebemos que L7 encontra dificuldades em expressar o papel da Matemática para além de uma análise quantitativa por justamente não ter clareza que essa separação entre explicação conceitual e explicação matemática é superficial, como podemos verificar também em respostas dadas às questões anteriores feitas por ele. Longe de ser único, esse posicionamento é um alerta sobre a forma como estudantes de Física podem estar enxergando a presença da Matemática na Física e em seu ensino, e novamente questionar sobre a supervalorização da busca por resultados quantitativos sem o desenvolvimento de discussões sobre o que

está por trás de resultados desse tipo. Também podemos questionar sobre a própria ideia do entendimento que se tem sobre o que seria uma explicação “conceitual”. Se entendermos a Matemática como estruturante do pensamento físico não faz sentido pensar em uma parte conceitual e outra matemática.

Já a fala de L6 sugere que a presença da Matemática no EF se deve ao fato da própria natureza do conhecimento físico, quando argumenta que Matemática e Física são indissolúveis. Dessa maneira o aluno não poderia ser privado de aprender a enxergar o mundo através do formalismo matemático. Ou seja, existe uma preocupação em aproximar o estudante das formas de proceder da Física, o que para L6 incluiria evidenciar íntima relação entre a Matemática e a Física. L6 também argumenta que após analisar respostas de colgas sobre o que pode ter levado praticamente todos a resolver equivocadamente o exercício proposto na tarefa 1, concluiu que faltaram habilidades estruturantes. Influenciado pelas discussões e pelas leituras obrigatórias, L6 argumenta que uma forma de romper com abordagens que privilegiam um operativismo abstrato seria focar o desenvolvimento de habilidades estruturantes no EF, ou seja, “capacidade de fazer um uso organizacional da Matemática em domínios externos a ela” como argumentam Karam e Pietrocola (2009a, p. 194).

Podemos identificar cinco categorias e seis subcategorias presentes na análise do grupo C: **analogia material, interpretação, matematização – modelização e visual – pictórico**. Apesar do aparecimento dessas categorias relacionadas a evidenciar o caráter estruturante da Matemática no EF, percebemos que em alguns casos a presença da Matemática parece ter se resumido a um instrumento com objetivo único de apresentar resultados quantitativos no sentido de tirar a prova sobre uma análise qualitativa da situação. Como argumentamos, numa perspectiva kuhniiana a própria formação do físico pode mascarar o papel da Matemática em teorias físicas, restando a impressão de que se trata de um instrumento apenas para quantificá-las e descrevê-las. Ou seja, apesar dos licenciandos apresentarem seu descontentamento com a didática que privilegia um tratamento abstrato com relação a presença da Matemática no EF, respostas às questões apresentadas ressaltaram a dificuldade em desenvolver práticas que rompam com esse tratamento abstrato.

Grupo D: formado pelos licenciandos L9, L16 e L17. Apenas L9 falou.

Para responder Q1 e Q2, o grupo afirma inicialmente que os estudantes já devam ter conhecimento de alguns conceitos básicos como carga elétrica e corrente elétrica, e destacam como fundamental o estudante ter clara a relação de forma qualitativa entre carga elétrica e força magnética. Em seguida argumentam sobre uma abordagem pautada na história da ciência como uma forma de explicitar porque a lei matemática tem aquela forma:

*De início, a gente sabe que a disciplina de INSPE tem ajudado bastante, o professor já citou isso e os colegas aqui também já né, mas uma coisa que dá para ser abordado [...] trata do estudo da **história da ciência**. E de início quem acidentalmente chegou a conclusão de que carga elétrica teria alguma conexão com o magnetismo foi o **Oersted** [...] ele percebeu que ao circular uma corrente elétrica num circuito, ao aproximar casualmente uma bússola [...], o sentido de fluxo de carga era o mesmo o sentido para onde a bússola apontava. Então, o somatório de várias parcelas resulta da multiplicidade de uma parcela maior que representa um ponto. Se este ponto for o final, o norte da agulha que acidentalmente Oersted conceituou na relação do sistema corrente elétrica versus indução magnética em que tem-se o sentido da corrente induzida pela deflexão da bússola. **Houve portanto uma [...] conceituação. Não se tinha matemática para se explicar isso. Mas depois houve uma análise vetorial, matemática, adaptando-se a situação, em que resultou em um vetor. [...] logo força magnética resulta da ação de cargas ao longo de um comprimento de um meio condutor imerso numa intensidade de indução entre dois ímãs, [...] em que esse condutor vai se posicionar. Com isso então temos a definição dessa fórmula $[F_m = i \cdot L \cdot B \cdot \text{sen}\theta]$.** (L9 – VC – Metodologia, grifo nosso).*

Quando L9 argumenta que a análise matemática do fenômeno é resultado de uma investigação conceitual do mesmo, sugere a presença da categoria **matematização** e subcategoria **estruturas matemáticas**, especialmente quando descreve que é através da análise matemática do fenômeno que se pode justificar a presença de uma estrutura matemática

(como vetores) necessária para adequar a expressão matemática ao fenômeno. Sobre a perspectiva histórica apresentada, L9 argumenta que estaria relacionada a leitura de Karam e Pietrocola (2009a):

Se eu não estou enganado nessas habilidades técnicas versus habilidades estruturantes eu vi a palavra heurística em algum lugar. [...] É na página 183, no segundo parágrafo. (L9 - VC – Metodologia).

É interessante notar que a palavra “heurística” no contexto descrito por L9 está relacionado a forma de resolução de problemas. Não é comentado em nenhum momento que a heurística estaria relacionado a uma abordagem histórica. Nesse caso parece que essa abordagem estaria mais relacionada com discussões provenientes da disciplina de INSPE A do que com o trecho mencionado por L9. Mas a perspectiva histórica seria uma forma de contextualizar o surgimento da lei da força magnética sobre um condutor, e justificar o caráter matemática da relação da força magnética. Ressalta-se novamente que tal posicionamento revela a preocupação de apresentar a lei matemática como resultado de determinado processo, e não simplesmente na apresentação dogmática de um produto pronto. Essa ideia também está presente no questionamento que o grupo D fez sobre a apresentação do grupo A, quando argumentaram que uma forma de diminuir a abstração presente na lei matemática da gravitação seria fazer referência ao que ocorre no sistema planetário:

Considerando que seja retomado o conceito planetário, esse assunto seria revisto de uma forma convencional ou **já relacionando com o aspecto histórico da origem da gravidade?** (Grupo D – Tarefa 2)

Ou seja, haveria uma forma convencional/tradicional para se relacionar a lei da gravitação ao sistema planetário ou uma abordagem que apresentasse aspectos históricos na direção de justificar o próprio caráter matemático da lei. Podemos observar que a perspectiva histórica parece ser uma estratégia para contextualizar o assunto que engloba a presença de leis físicas.

Porém quando o grupo busca responder Q3 que solicitava a proposição de um exercício que rompesse com o processo de resolução mecânica, o grupo destaca a abordagem pictórica como uma alternativa

para diminuir a ênfase dada à Matemática privilegiando uma explicação de caráter conceitual.

*Então, na verdade a gente não encontrou um meio diferente assim. O que eu acho muito interessante e que a gente abordou aqui [...] é essa abordagem **pictórica**, que tá no item (a) desse mesmo material que nós estamos [...] debatendo, que não é uma representação gráfica, é uma representação pictórica, que é a melhor maneira [...] de dar um pontapé na matemática, e principalmente na conceituação utilizando da mão [...], eu acho que a regra da mão direita fica bem claro, [...] e que foi um exercício que a gente adotou. **Implicitamente então oportuniza um trato matemático.** (L9 – VC – Metodologia, grifo nosso).*

A atividade proposta por L9 se refere ao item (a) do exercício exemplo da situação 2, que consistia em dadas diferentes representações pictóricas entre campo e corrente, o estudante deveria determinar a direção da força magnética. A abordagem está relacionada com a categoria **visual** e subcategoria **pictórico** por apresentar desenhos, diagramas e esquemas como fonte de explicação. Mas quando L9 argumenta que essa abordagem seria uma forma de tratar a Matemática de maneira implícita, sugere que a tarefa de estabelecer a relação entre a lei física com os conceitos envolvidos ficaria apenas a cargo do aluno. Dessa maneira indica uma separação entre o aspecto conceitual e o matemático durante a explicação. Além disso, L9 indica que a regra da mão direita seria uma forma de trabalhar conceitualmente o assunto, o que sugere a presença da categoria **visual – gestual**, que está relacionada a utilização de gestos para a construção de significados. Ainda que a regra da mão direita seja importante para se determinar a direção da força magnética, pode-se cair num processo mecânico caso se privilegie sua memorização sem haver um esforço para explicitar suas bases conceituais e de que forma ela está presente na expressão matemática (a análise vetorial entre corrente e campo magnético que justifica a presença do seno na expressão tornando-a uma relação do produto entre escalares, e dessa forma possibilitando a quantização da força que está intimamente ligada à orientação espacial entre corrente e campo).

Podemos notar me uma postagem de L9 no fórum, ao citar um trecho de Gil-Pérez et al. (1992) na tentativa de responder como

problemas abertos poderiam ser propostos de maneira diferente de modo que rompam com o processo de resolução mecânica, podemos observar que conceber um problema que não disponibilize todos as informações para sua resolução de forma explícita não é algo simples e evidente:

[...] com relação ao texto "Elaboração de um texto Alternativo" onde é citado: "resolver um problema consiste em encontrar um caminho previamente não conhecido, encontrar uma saída para uma situação difícil, para vencer um obstáculo, para alcançar um objetivo desejado que não pode ser imediatamente alcançado por meios adequados" [POLYA, 1980 apud GIL-PÉREZ et al., 1992, p. 10], [...]. Outro ponto ao final da citação que diz "alcançar um objetivo desejado que não pode ser imediatamente alcançado por meios adequados", **quer dizer nem sempre estará explícita de forma que o enunciado atenda a resposta correta?** (L9 – fórum Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física, grifo nosso – Metodologia).

O questionamento feito por L9 sugere que ele está tentando entender como um problema que não disponibiliza de forma explícita os dados para sua resolução poderia ser resolvido pelos estudantes. A dificuldade em conceber tais problemas, em parte pode ser reflexo da própria forma com que os problemas e suas resoluções estão muitas vezes inseridos em sua formação. Isso pode facilmente ser visto em exercícios encontrados em muitos livros destinados ao EF tanto em nível médio quanto em nível superior, onde tradicionalmente podem ser resolvidos através da listagem de dados presentes no enunciado e a busca de equações que possam relacionar esses dados. Feito isso bastaria a manipulação matemática correta para a obtenção de resultados.

Para responder Q4 que solicitava um posicionamento do grupo se professor resolvesse abordar problemas somente de forma conceitual, sem usar a Matemática, o grupo argumenta que para iniciar um assunto a abordagem feita pelo professor deve ser conceitual e a Matemática então seria um complemento a ser inserido quando o professor fosse apresentar uma aplicação do conhecimento.

Nesse caso, o grupo, a gente chegou num consenso, de que as questões iniciais, a exposição inicial de

uma aula, tem que ser usada de forma conceitual, [...] para dar entrada no assunto. [...] mas após eu vejo assim, que não tem como deixar a Matemática, você não consegue. Então [...] você vai [...] ter que dar uma aplicação real né, e isso também fala nesse texto que foi deixado, que vai complementar o conhecimento usando a linguagem matemática. Então [...] você começa conceitualmente para motivar, para trazer o aluno para aula, e depois vai costurando pelas beiradas para que a matemática, qual a função da matemática? Realmente é preparar para a área das exatas de forma que tenha aplicação. (L9 – VC – Metodologia, grifo nosso).

Apesar de defender que a Matemática deve estar presente em aulas de Física, L9 afirma que ela seria uma forma de complementar o conhecimento conceitual. Esse complemento estaria relacionado à apresentação aplicações, o que sugere que a Matemática seria apenas um instrumento do Físico para encontrar alguma aplicação do conhecimento quando necessário. Novamente podemos notar a “falsa” separação entre o aspecto matemático e o aspecto conceitual. Podemos perceber essa visão reducionista também quando L9 tenta justificar que a presença da Matemática no Ensino Básico seria uma forma de preparar o estudante para a área das ciências exatas. Ou seja, mesmo argumentando que a Matemática não poderia ficar de fora de uma aula de Física, sua presença só se justificaria a posteriori, no contexto do Ensino Superior:

Uma coisa que também a gente viu assim é que muitas vezes não há aquele contato entre professores de Matemática e professores de Física para que haja esse direcionamento do que vai ser aplicado, no caso, do uso da Matemática para a Física no ensino médio, diferente do nosso curso que nas cadeiras de cálculo realmente ficou bem claro assim para onde que seria aplicado a Matemática. (L9 – VC – Metodologia).

Para L9 a falta de clareza em relação a presença da Matemática na Física no EM estaria relacionada a falta diálogo entre professores de ambas as disciplinas. Isso sugere que as aulas de Matemática serviriam para munir o estudante do ferramental necessário para o que será estudado na Física. Essa ideia também aparece quando L9 admite compreender

porque é preciso estudar tanta Matemática no curso de Física de nível superior. Ou seja, o estudo da Matemática só é justificado, pois será um conhecimento exigido mais adiante no decorrer dos estudos. Como argumentado por Pietrocola (2002) tal estudo torna-se um fardo para muitos estudantes, pois não compreendem porque precisam investir tanto tempo estudando algo que não conseguem ver sentido, principalmente quando submetidos à práticas que restringem o uso da Matemática na resolução de exercícios como argumenta Almeida (2004).

É interessante analisar uma fala de L9 que ocorrera no fórum quando solicitado que os licenciados apresentassem ideias dos artigos que ajudavam a pensar na problemática da resolução mecânica de problemas. Nela L9 apresenta outra justificativa para a presença da Matemática no ensino da Física.

Em se tratando do texto 2 [Karam e Pietrocola (2009a)] posso dispor então as habilidades técnica (domínio matemático) e habilidades estruturantes (organização deste domínio matemático) em que associo a processos de modelização para representar um fenômeno físico como por exemplo, pictóricas. **Nestes termos como está no texto, preciso das duas propostas para aproximar o estudante ao pensamento científico.** (L9 – fórum Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física – Metodologia).

Nessa argumentação a presença da Matemática no EF não seria justificada somente *a posteriori* ou se resumiria a uma forma de aplicação do conhecimento físico. Quando diz que a Matemática está associada a processos de modelização para representar determinado fenômeno físico sua presença no EF estaria ligada a própria forma com que os físicos dão sentidos às suas ideias. Ao citar Karam e Pietrocola (2009a) podemos notar que L9 apresenta outra ideia sobre a presença da Matemática no EF. Essa ideia não privilegia apenas a apresentação de resultados das práticas científicas, mas se preocupa também em proporcionar ao estudante o entendimento sobre os modos de pensar científico. Ou seja, a presença da Matemática no EF se justificaria pela própria natureza desse conhecimento.

Podemos notar a aproximação com três categorias presentes na fala do grupo D quando solicitados que complementassem a abordagem da situação 2 sobre o modo como as teorias vinculadas as leis matemática foram apresentadas: história da ciência, **matematização – estruturas**

matemáticas, visual – pictórico e visual - gestual. Pudemos notar influência das atividades desenvolvidas no tópico mas também influência de outras disciplinas na argumentação dos licenciandos. Notamos também que no momento da VC a presença da Matemática no ensino da Física aparece como algo que se justificaria *a posteriori* em outras etapas de ensino. Nas discussões ocorridas no fórum posteriormente à VC pudemos observar que essa justificativa começou a tomar outra forma, onde a presença da Matemática no ensino da Física foi justificada como uma maneira de aproximar o estudante dos modos de pensar científico. Isso pode ser reflexo de certo amadurecimento a respeito da presença da Matemática no EF.

Grupo E: formado pelos licenciandos L11; L12; L10; L13. Apenas L10, L11 e L12 falaram. L13 não esteve presente na VC.

A análise do grupo E está mais centrada nas leituras obrigatórias e dessa forma podemos notar a influência direta das ideias presentes nelas. Citando trechos do texto 1 (GIL-PÉREZ et al., 1992) o grupo traz algumas ideias que podem ser utilizadas para modificar a aula do professor da situação 2 no sentido de contribuir para o estudante compreender as relações entre os conceitos físicos envolvidos. Segundo o grupo, o professor deve instigar no estudante uma postura ativa, questionadora e investigadora, uma postura que ele não possa resolver problemas de forma mecânica. Isso sugere a presença da categoria **interpretação** relacionada à presença da Matemática no Ensino como podemos acompanhar em sua argumentação:

[...] o professor teria que ter que abordado mais propostas construtivistas porque ele colocou ali um problema fechado com dados e abordou bastante a matemática. Daí nós achamos uma frase que diz ali o seguinte [refere-se a leitura de Gil-Pérez et al. (1992)]: nenhum cientista pensa com fórmulas. Os cientistas quando eles constroem os conceitos, as teorias físicas eles agem como investigadores. Então o professor deve tentar investigar no aluno essa postura de investigadores, então não dar para ele tudo pronto [...]. Além disso, para que o professor faça o aluno entender melhor as coisas, além, se ele aplicar um problema matemático o ideal é que ele faça diferente do que ele fez, mas depois que ele aplicou

a parte matemática dependendo do problema, ele tem que fazer a análise de resultados. Fazendo a análise de resultados ele vai supor hipóteses e ele vai conseguir fazer com que o aluno entenda melhor aquilo que ele colocou sem colocar uma matemática e pronto, resolveu o problema e acabou a história. [...] Ainda mais nessa parte aqui na nossa situação número 2 que é sobre o magnetismo que é uma coisa um tanto quanto abstrata, porque o aluno não consegue ver isso na sua prática, então ele vai agir mais pela matemática e mecânico e não vai conseguir entender direito o que ele tá fazendo se o professor não agir é..., de acordo com essas concepções que foram colocadas nesses textos. (L10 - VC – Metodologia).

O fato de o grupo afirmar que não se pode dar “tudo pronto” para o estudante resolver um problema, e a própria postura defendida de que se tornem investigadores, acorda com Gil-Pérez et. al (1992) sobre os benefícios que os problemas abertos podem trazer ao EF, principalmente para romper com a resolução mecânica, contribuindo para um ensino que privilegie a compreensão do fenômeno, e não um manejo abstrato de constantes e variáveis quando relacionado a situações que envolve a Matemática. Os aspectos destacados por L10 representam uma postura em que o papel do professor não é visto como um agente que irá transmitir o conhecimento e o estudante irá internalizá-lo de forma passiva. Na perspectiva argumentada o estudante assume um papel de protagonista em seu processo de aprendizagem, buscando responder questões que ele mesmo colocou. Essa é uma ideia importante, pois tradicionalmente o professor é visto como detentor do conhecimento que tem a missão de depositá-lo na mente do estudante, colocando o estudante em uma postura de coadjuvante. Ou seja, a postura do grupo aponta para uma alteração na própria noção do que seja o ato de ensinar.

Quando o grupo responde Q2 sobre como auxiliar os estudantes a compreenderem a relação entre os conceitos físicos envolvidos durante a resolução do exercício exemplo, podemos observar a influência do artigo de Karam e Pietrocola (2009a). Tal influência sugere a presença da categoria **matematização** e subcategoria **estruturas matemáticas** na análise feita pelo grupo, como podemos acompanhar:

Bom, eu achei uma parte do texto do Ricardo Avelar e do Maurício [Karam e Pietrocola (2009a)], que fala sobre as relações trigonométricas e as funções trigonométricas. Diz assim ó: o aspecto essencial que justifica a presença das funções trigonométricas é a periodicidade dos três fenômenos modelizados. E ele dá ali no texto três fenômenos como modelo. Cabe destacar que é uma conveniente alteração permite escrever fórmulas em função de seno ou cosseno, uma vez que a periodicidade dessas funções é a mesma. E o professor ainda poderia melhorar essa explicação, ou seja, clarear mais para o aluno a relação do seno sem usar tanto a relação trigonométrica explicando para ele o conceito físico, que quando a força é nula quando a corrente tem o sentido paralelo ao campo, no caso quando o campo faz um ângulo de 90 graus com a corrente, logo exclui o seno. Sendo uma relação vetorial entre o campo e a corrente, pois ela age em todo o comprimento L. Então fisicamente não pode existir corrente paralela ao campo, por isso é feita uma relação com o seno porque daí exclui a possibilidade do paralelismo né. (L12 - VC – Metodologia).

Nesse caso a ideia presente na fala de L12 indica que aspectos relacionados a justificar a presença de determinadas estruturas matemáticas seriam abordados de maneira explícita no ensino, como vetores. Essa explicitação está relacionada a justificar a presença do seno como resultado do caráter vetorial entre corrente e campo, ou ainda quando argumenta que tal explicitação seria feita por meio de uma justificativa física, do conceito físico e não simplesmente matemática (relação trigonométrica entre vetores). Dessa forma L12 está chamando de explicação conceitual a própria forma como a relação matemática se relaciona com o fenômeno, o que sugere um posicionamento para a Matemática como estruturante da Física.

Para responder Q3 que solicitava que os licenciandos propusessem um exercício que rompesse com a resolução mecânica, o grupo diz que problemas abertos teriam essa característica, e fazem uma sugestão:

Exercícios que tem essa característica de romper o método mecânico e matemático são problemas

*abertos, que segundo o texto [...] [Gil-Pérez et al. (1992)] diz que a inclusão dos dados no enunciado obriga o aluno a buscar equações que relacionem esses dados em equações matemáticas e assim caem num operativismo. Então para evitar isso a gente pensou em usar até o mesmo exercício, o exercício 2 que tem na situação, que o professor acabou deixando como tarefa para eles. A gente pensou em usar o mesmo enunciado do problema e a figura, aí lançando hipóteses de forma a deixar ele mais aberto e lançando hipóteses como por exemplo a primeira: letra a) [...] qual a direção e o sentido que a força F teria na situação que foi dada no enunciado; letra b) o que ocorre com a força se o sentido da corrente elétrica for invertido; letra c) o que ocorre com a força se o sentido do campo magnético for invertido; letra d) o que ocorre com a força se o valor da corrente que passa pelo condutor for duplicado. Que aí dessa forma o aluno vai investigando o que que vai acontecendo com a força de acordo com os outros componentes que tem na situação como o próprio campo magnético e a corrente. **E também nessa última questão ele tem a oportunidade de usar a equação matemática para ver o que que acontece quando a corrente é duplicada, o que que ocorre com a força. Ele relaciona tanto o conceito com a parte matemática, sem usar os dados mecanicamente e sem cair no operativismo.** (L11 – VC – Metodologia, grifo nosso).*

De fato o exercício proposto pelo grupo evitaria que os alunos saíssem cegamente realizando cálculos. Porém, nos questionamos se a proposta feita se aproxima com a concepção de problemas abertos proposta por Gil-Pérez et al. (1992), uma vez que uma consulta a regra da mão direita seria suficiente para responder os itens a, b e c. L11 diz ainda que para resolver a letra d o estudante estaria usando a Matemática. Ou seja, a própria análise vetorial que os estudantes devem desenvolver para responder as letras a, b e c não parece ser algo que diga respeito à relação Matemática. Apesar do caráter vetorial das grandezas envolvidas ter sido apontada como uma forma de justificar a presença de determinadas estruturas matemática na resposta apresentada para Q2, quando se trata de resolução de exercícios a Matemática acaba se resumindo a obtenção de um resultado quantitativo. Quando L11 diz no final de sua fala que ao

resolver a questão d o estudante estaria relacionando o conceito com a parte matemática, ele parece entender que haveria uma parte conceitual e uma parte matemática de forma separada. Novamente aparece a falsa ideia de que o conceito seria algo externo a equação matemática.

Para responder Q4 que solicitava um posicionamento do grupo se professor resolvesse abordar problemas somente de forma conceitual, sem usar a Matemática, o grupo afirma que seria possível trabalhar apenas de maneira conceitual. Segundo a fala de L12 a Matemática não seria “parte importante no Ensino de Física” (L12).

Essa parte na nossa concepção com certeza seria possível, até pela analogia que L11 fez no exercício, e ainda achamos uma parte no texto que faz essa relação. Na verdade a Matemática ela é uma ferramenta da Física e não parte importante no Ensino de Física. Então eu achei uma parte na página 194 do mesmo artigo do Ricardo Avelar [Karam e Pietrocola (2009a)] que diz assim: o Ensino de Física deveria dar aos estudantes uma visão da natureza da Física como uma atividade de modelização treinando-os para que se tornem capazes de construir e interpretar modelos. Então na verdade o ensino deveria de dar essa visão para o aluno, e não simplesmente a Matemática pela Matemática e sim a Matemática pela Física. (L12 – VC – Metodologia, grifo nosso).

A fala de L12 indica que a Matemática seria uma simples ferramenta da Física, e dessa forma ela não seria importante no ensino dessa disciplina. Segundo L12 a forma como L11 propôs o exercício para responder Q3 seria uma maneira de fugir da Matemática no EF. Quando o grupo responde Q3 não fica explícito que a Matemática poderia ser uma forma para interpretar o fenômeno durante a resolução do exercício. Como argumentamos, sua presença parece se resume na realização de uma análise quantitativa dele na resposta para Q3. Mas quando L12 cita um trecho de Karam e Pietrocola (2009a) argumentando que o EF deveria proporcionar aos estudantes uma visão da Física como atividade de modelização, treinando-os para construir e interpretar modelos, subjaz a ideia de que o problema não estaria em tirar a Matemática de aulas de Física, mas sim em tratá-la de outra forma no ensino, buscando compreendê-la no contexto da Física. Em suas palavras seria trabalhar a “Matemática pela Física”, em outras palavras, seu caráter estruturante.

Podemos notar aproximação com duas categorias presentes na fala do grupo E quando solicitados que complementassem a abordagem da situação 2 sobre o modo como as leis físicas seriam apresentadas: **matematização – estruturas matemáticas e interpretação**. A presença de tais categorias teve influência direta das leituras obrigatórias como pode ser observado em suas argumentações, pois o próprio grupo afirma que fez uma análise de caráter teórico embasada neles.

Grupo F: composto pelos licenciandos L18; L19; L20; L21. Devido a problemas técnicos de áudio e vídeo esse grupo não apresentou a VC. Nossa análise foi feita a partir da síntese de sua apresentação entregue por eles.

Antes de responder às questões, o grupo faz uma análise geral da situação 1 e apresenta uma crítica embasada nas ideias de Karam e Pietrocola (2009a):

Na situação 1 o professor se utilizou de uma aula expositiva onde tudo já é apresentado de forma mecânica e sistematizada de forma que a lei da gravitação seja vista com uma equação para se achar um valor numérico fazendo o uso somente da matemática com nenhuma análise física. Justamente o que o texto critica: “É inegável que a capacidade de manipular tecnicamente muitas das “ferramentas matemáticas” (habilidades técnicas) e **necessária** para um bom desempenho dos estudantes na disciplina de Física (Hudson & McIntire, 1977; Hudson & Liberman, 1982). Entretanto, apesar de necessária, essa condição está **longe de ser suficiente**, ou seja, não é possível afirmar que os estudantes que as dominam serão bem sucedidos em Física”. (Grupo F – Tarefa 2, grifo original).

Podemos observar que o grupo critica a forma com a aula da situação 1 ocorreu, pelo fato da presença da Matemática ter se resumido à obtenção de um resultado quantitativo, ou seja, pela falta de uma interpretação física da lei da gravitação. Além disso, a citação que o grupo apresenta de Karam e Pietrocola (2009a) sugere que eles corroboram com a ideia de que não bastaria dominar conhecimentos matemáticos para aprender Física, ou seja, seria preciso algo mais que isso.

Para responder Q1, o grupo indica uma **analogia material** (atividade prática) com ímãs para que o aluno possa intuir através de um caso sensível a relação entre as variáveis presentes na lei da gravitação.

Para que o aluno faça a relação da força na equação, que é inversamente proporcional ao quadrado da distância, o professor pode propor que os alunos peguem pedaços de ímãs de massas aproximadas nas mãos, e com a aproximação e afastamento, intua a relação força-distância. Com relação às massas, seria interessante que o professor solicitasse que os alunos pegassem agora, novamente, dois pedaços de ímã, porém de diferentes massas e repetissem o experimento, ora conduzindo o ímã de maior massa sobre o de menor e ora ao contrário. (Grupo F – Tarefa 2).

Podemos pensar que a analogia é uma tentativa de responder a seguinte pergunta: como podemos escrever matematicamente essa situação empírica (analogia com ímãs)? Ou seja, a categoria **analogia material** (atividade prática) é resposta a tentativa de justificar a necessidade de determinada estrutura matemática que o físico utiliza para determinar uma relação específica entre grandezas físicas. Como já argumentamos, para o desenvolvimento da analogia com ímãs seria preciso explicitar algumas de suas limitações para que o aluno não confundisse alguns aspectos que diferenciam características de fenômenos magnéticos e de fenômenos gravitacionais.

A resposta do grupo sobre Q2, que solicitava como auxiliar os estudantes na compreensão dos conceitos físicos durante a resolução do exercício deixado como exemplo na situação 1 indica que através de uma discussão feita durante a analogia com ímãs os estudantes poderiam ter claro as variáveis relevantes do problema. Essa discussão está relacionada a categoria **matematização – modelização**, pois está ligada a evidenciar as variáveis relevantes do problema, o que implica em excluir outras. Ou seja, está relacionada ao recorte que a lei física faz da natureza. Além disso novamente podemos encontrar a categoria **analogia material** (atividade prática) quando argumentam que uma atividade prática/experimental poderia fazê-los perceber a relação de proporcionalidade direta entre massas e a exclusão da proporcionalidade direta com a distância, como descrito pelo grupo:

Com os experimentos realizados anteriormente, e após a discussão em sala de aula, será possível, pelo menos em tese, **que os alunos saibam que as variáveis do problema são as massas dos corpos e a distância entre eles**. A partir disso o professor deveria suscitar a discussão sobre de que forma estas variáveis influenciam no experimento, ou seja, de que forma a alteração de uma delas modifica o resultado final. Por exemplo: **adaptando-se um dos imãs a uma mola, poder-se-ia mostrar que a massa (e por consequência a força magnética) influencia diretamente na deformação da mola. Já para o caso da distância talvez o experimento não fosse suficientemente elucidativo, mas, é possível que, ao menos, a relação direta com a distância possa ser descartada**. Então o professor poderia concluir que: **na física procura-se sempre o modelo matemático mais próximo e, após vários experimentos bem mais sensíveis que este, o modelo que mais se ajustou foi o da variação com o inverso do quadrado da distância**. (Grupo F – Tarefa 2, grifo nosso).

No final da fala o grupo indica uma discussão de caráter **epistemológico**, pois diz respeito à forma como os físicos constroem os modelos matemáticos que representam fenômenos físicos, quando argumentam que “na física procura-se o modelo matemático mais próximo”. (Grupo F – Tarefa 2). Essa afirmação evidencia a preocupação de explicitar que o modelo matemático não é algo diretamente encontrado na natureza, o que mostra que as leis físicas são seriam fruto da leitura direta de leis já presentes na natureza, mas um processo pelo qual o físico busca uma forma de entender o fenômeno por meio de um modelo matemático que mais se aproxime dele. Esse tipo de discussão é extremamente importante no EF, pois contribui para a desmistificação de que o cientista é um ser provido de capacidades especiais que o permite construir de forma direta e evidente leis matemáticas sobre a natureza. Esse posicionamento do grupo sugere que a Matemática não seria apenas uma ferramenta do físico para encontrar uma relação passível de proporcionar resultados quantitativos, mas algo que diz respeito ao próprio entendimento que se tem sobre o fenômeno.

Para responder Q3, o grupo propõe uma questão que inicialmente apresenta uma **analogia material** (atividades mentais) para que o

estudante faça a relação entre ela e a força gravitacional. Essa analogia poderia fazer com que o estudante desenvolva um significado para a abstração presente na ideia de atração gravitacional.

Quando amarramos uma pedra em uma corda e colocamos ele a girar percebemos uma tração na corda que impede a pedra de escapar (basta que cortemos a corda durante o movimento para vermos isto). Do mesmo modo, a Lua também gira em torno da Terra, porém sem corda ligando os dois. Qual o papel da gravidade nesta comparação? Como poderíamos saber qual é a intensidade da força entre Terra e a Lua? (Grupo F – Tarefa 2, grifo nosso).

Na segunda pergunta que o enunciado traz, a modificação proposta para o exercício 1 da situação 1 apenas omitiu os dados para sua resolução. Apesar disso uma consulta na internet ou nas tabelas de dados presentes nos livros didáticos poderia fornecer os dados necessários para que se resolva corretamente o problema. Uma das características de problemas abertos nos termos de Gil-Pérez et al. (1992) seria a construção de uma situação hipotética a respeito do problema, de modo que o estudante seja levado à construir os dados relevantes para que uma resolução seja possível. A forma como o problema foi proposto nos leva a crer que o grupo está entendendo um problema aberto pelo simples fato de ele não disponibilizar todos os dados necessários para sua resolução, ideia presente na argumentação de outros grupos. Apesar disso já ser um avanço em relação aos enunciados tradicionais em que basta listar os valores presentes e encontrar expressões matemáticas em que eles encaixam, ainda assim o trabalho se resumiria em encontrar os dados corretos e substituí-los nas expressões.

Para responder Q4 que solicitava um posicionamento do grupo caso o professor resolvesse resolver os problemas de maneira conceitual, sem usar a Matemática, o grupo indica que não existiria uma parte conceitual e outra matemática:

Segundo o texto lido [Karam e Pietrocola (2009a)], não existe somente análise matemática ou análise puramente conceitual pois tem por consequência um enfraquecimento de ambas, tanto da Matemática como da Física. A chave para resolução é uma análise em conjunto. Nenhuma das

ciências existe isoladamente. Logo, nas resoluções de problemas, uma é dependente da outra. O que significa que solucionar um problema de forma apenas conceitual ou apenas numérica seria uma forma incompleta de resposta. (Grupo F – Tarefa 2, grifo nosso)

O posicionamento do grupo sobre as relações entre a Matemática e a Física está na direção da argumentação de Buniolo e Budinich (2005) ao escreverem que as teorias físicas contemporâneas são signos físico-matemáticos, e dessa forma não faria sentido pensar em uma parte matemática em outra física. Isso acarretaria no enfraquecimento de ambas, como argumentado pelo grupo F. Ou seja, esse posicionamento do grupo sugere que a Matemática não se resumiria a um simples instrumento do Físico que poderia até se prescindir. Essa ideia também está presente na resposta que o grupo deu para Q2, que o trabalho dos físicos é encontrar modelos matemáticos que mais se adaptam aos fenômenos estudados, na intenção de compreendê-los.

Grupo G: composto pelos licenciandos L22, L23 e L24. Devido a problemas técnicos de áudio e vídeo esse grupo não apresentou a VC. Nossa análise foi feita a partir da síntese de sua apresentação entregue por eles.

Para responder Q1 o grupo sugere melhorar a explicação sobre o que gera a força magnética, como sendo a interação entre cargas e movimento com o campo em que esta corrente está imersa, ou seja, uma discussão de caráter qualitativo antes de abordar a expressão matemática que relacionada a força magnética sobre um fio condutor. Em seguida o grupo argumenta que a regra da mão direita seria usada para melhorar a explicação sobre conceitos de produto vetorial:

[...]. Numa situação dessas, o professor poderia argumentar que todo campo magnético interage somente com cargas elétricas em movimento. Ele poderia explicar que, se o fio não tivesse corrente elétrica (não possuísse cargas elétricas em movimento), mesmo estando imerso no campo magnético nada aconteceria. O campo magnético continuaria existindo, mas não exerceria nenhum tipo de força sobre o fio. Mas ao iniciar-se uma corrente elétrica (cargas elétricas em movimento)

aí sim apareceria uma força exercida pelo campo magnético sobre o fio. E ressaltaria que essa força magnética não teria a mesma direção do campo magnético, mas seria perpendicular a este e perpendicular também à direção em que flui a corrente elétrica no fio retilíneo. **Ao abordar a regra da mão direita, o professor daria explicações sobre os conceitos de produto vetorial.** (Grupo G – Tarefa 2, grifo nosso).

Essa discussão está relacionada com a categoria **visual – gestual**, pois gestos seriam usados para construção de significados. Mas quando o grupo argumenta que a “força magnética não teria a mesma direção do campo magnético, mas seria perpendicular a este e perpendicular também à direção em que flui a corrente elétrica no fio retilíneo” não fica explícito se essa explicação estaria vinculada à relação matemática que estabelece proporcionalidade entre as grandezas envolvidas. Ou seja, da forma como a explicação do grupo está sugere que caberia ao estudante fazer a ligação entre a expressão matemática e o caráter vetorial presente na explicação.

Uma explicação nesse sentido pode ser observada quando o grupo responde Q2, que solicitava que o professor justificasse porque a lei matemática tem aquela forma no caso da força magnética. A argumentação do grupo sugere uma explicação relacionada à categoria **matematização – estruturas matemáticas**, pois justificar a presença de determinada estruturas matemáticas na representação de fenômenos físicos. Segundo eles, essa análise foi baseada em Karam e Pietrocola (2009a):

O professor poderia começar lembrando as aulas de matemática, onde se aprende que o seno de um ângulo (num triângulo retângulo) é dado pela

seguinte relação:
$$\text{sen}(\theta) = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

Referindo esta relação para a Física ele pode argumentar que é a mesma coisa se fizermos:
$$\text{cateto oposto} = \text{hipotenusa} \cdot \text{sen}(\theta)$$

Ora, se imaginarmos um triângulo retângulo composto pela: “hipotenusa” representada pelo comprimento do fio retilíneo com sua respectiva corrente elétrica; pelo “lado” direção do campo magnético; e por um ângulo qualquer entre eles

(menor que 90°), então o cateto oposto terá o mesmo tamanho e será a projeção perpendicular da força magnética, “em cima” do campo magnético.

Em outras palavras, $F_m = iLB \text{sen}(\theta)$. **O seno aparece nesta relação justamente porque representa a projeção da componente de um vetor perpendicular a outro sobre este outro.** No exercício proposto, nas quatro situações, não se pode falar que o ângulo entre a “hipotenusa comprimento do fio” e o “lado campo magnético” é de 90° , pois um triângulo retângulo assim não existe, mas a equação continua válida, com a mesma “cara”. E continua válida para quaisquer ângulos. Como $\text{sen } 90^\circ = 1$, nas quatro situações a força magnética é máxima. Se $\theta = 0^\circ$ ou $\theta = 180^\circ$ (caso em que o fio teria direção paralela ou antiparalela ao campo magnético) a força magnética seria nula. (Grupo G – Tarefa 2, grifo nosso).

A explicação acima é importante porque busca explicitar o surgimento de algumas estruturas matemáticas presentes na expressão para a força magnética. Nota-se que não é feita nenhuma menção explícita que busque justificar a utilização das estruturas matemáticas “vetores” na representação do fenômeno em questão. É como se de alguma maneira se afirmasse que o fenômeno funciona dessa maneira pois a expressão matemática tem essa forma, e não o contrário. Na verdade o aspecto que justificaria a presença de vetores na representação de fenômenos físicos se deve ao fato de que determinadas grandezas e as relações entre elas estão completamente vinculadas a orientação espacial existente entre elas. Esse efeito em linguagem matemática é representado por vetores. Dessa forma, o modo como a explicação se dá sugere que se os alunos dominassem os conhecimentos matemáticos, automaticamente perceberiam as justificativas para a presença das estruturas matemáticas na expressão para a força magnética, como a presença do seno, ou mesmo a relação de proporcionalidade direta entre as grandezas.

Para responder Q3 que solicitada a proposição de um exercício que rompesse com o processo de resolução mecânica, o grupo indica que se baseou em Gil-Pérez et al. (1992) para propor o seguinte exercício, segundo eles um “exercício aberto”:

Proporíamos um exercício aberto, como por exemplo: “Calcule o módulo da Força magnética (F_m) que um campo magnético (B) exerce sobre um fio retilíneo de comprimento (L) que possui uma corrente elétrica (i), e que está imerso em repouso, neste campo magnético”. **Os estudantes teriam que formular hipóteses** sobre a intensidade do campo magnético, o comprimento do fio, a intensidade da corrente, os possíveis ângulos entre B e L, relacionando todas essas variáveis e comparando os diferentes resultados do problema. (Grupo G – Tarefa 2, grifo nosso).

Segundo o grupo, o exercício proposto possibilitaria que os estudantes tivessem que pensar em situações hipotéticas para resolver o exercício. De fato esse exercício impediria que os estudantes listassem dados numéricos e saíssem substituindo-os na expressão para a força magnética. Mas percebemos que as variáveis relevantes para resolver o exercícios ficam explícitas no enunciados, aspecto que ainda não o caracterizaria como um problema aberto na concepção de Gil-Pérez et al. (1992). Segundo esses autores

A compreensão de que a presença dos dados no enunciado, **assim como a indicação de todas as condições existentes** – tudo isto como ponto de partida – responde a concepções indutivistas e orienta incorretamente a resolução, constitui um passo essencial no desbloqueio do ensino habitual de problemas e suas limitações. (p. 12).

Ou seja, não bastaria eliminar os dados do enunciado se ainda assim todas as condições para sua resolução estão indicadas, como as variáveis e constantes envolvidas. Mesmo nesse caso o trabalho do estudante poderia se resumir a atribuição de valores para as variáveis e sua substituição na expressão que relaciona tais variáveis. Novamente esse exercício no leva a crer que os licenciados estão compreendendo problemas abertos pelo fato dos mesmos não disponibilizarem dados numéricos no enunciado. Isso pode ser apontado também por uma fala de L23 quando questionado no fórum se determinado problema fechado

estaria de acordo com a concepção de problema aberto descrita por Gil-Pérez et al. (1992):

Esse tipo de enunciado não se encaixa na definição de problema (segundo Gil-Perez et al), porque traz muitos dados e para resolvê-lo é só aplicação de Fórmula. **Já um problema do tipo aberto, (poderia até ter o mesmo enunciado, porém sem os dados)**, é um problema porque os alunos deverão formular hipóteses e assim, sua atuação teria um caráter mais investigativo. (L23 – fórum Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física, grifo nosso – Metodologia)

Apesar de já ser um avanço em termos dos enunciados habituais, a simples omissão de dados do enunciado não tornaria o problema como uma tarefa de investigação, na direção de uma atitude científica. Ou seja, ainda assim não seria necessário imaginar uma situação que coloque em jogo as próprias condições de funcionamento do fenômeno. Um possível enunciado nesse sentido poderia ser: “Existe força magnética sobre um fio?” Cabe destacar que assim como defendido por Gil-Pérez et al. (1992) não se deve esperar do aluno que resolva um problema aberto sem qualquer tipo de orientação. Pelo contrário, é nessa orientação que está a atitude científica que se deseja que o aluno desenvolva, como apresentado no subtópico 3.2.4.

Sobre Q4, que solicitava um posicionamento do grupo se o professor da situação resolvesse abordar problema apenas de maneira conceitual, sem usar a Matemática, o grupo argumenta que pelo fato de a Matemática ser “linguagem da Física por excelência”, ela não poderia ser totalmente desconsiderada no ensino:

Eu diria que é uma boa opção [trabalhar com problemas abertos], pois esses exercícios tendem a desenvolver modelos mais investigativos dos fenômenos tratados e conseqüentemente uma maior “construção” de conhecimentos pelos alunos. **Mas não poderia ser tirada totalmente a parte matemática, uma vez que a Matemática é a linguagem da física por excelência.** Eu diria também que o ideal seria mesclar problemas abertos e fechados, com maior predominância de problemas abertos. Coma relação aos problemas

fechados, eles têm que ser construídos de uma forma tal que, para sua resolução, não implique apenas a mera substituição de variáveis. Deve-se optar então por dados que levem os estudantes a estabelecer relações que acarretem o descortinamento, então, de outros dados que não estavam anteriormente nos enunciados. **Neste caso, estes problemas também seriam uma forma de construção de conhecimentos.** (Grupo G – Tarefa 2, grifo nosso)

É possível observar ainda que a presença da Matemática na resolução de problemas na visão do grupo seria uma forma de construir conhecimentos, ou seja, ela teria outro papel além daquele relacionado a obter resultados quantitativos. Isso aponta para a ideia de Matemática como estruturante das ideias da Física, e não uma simples ferramenta da qual se poderia até prescindir. Um posicionamento similar pode ser encontrado em uma postagem de L23 no fórum, quando argumenta sobre o papel da Matemática na resolução de problemas:

[...] Mas mesmo assim [refere-se a resolução de problemas abertos], a matemática é fundamental para a resolução dos problemas. Se for um “problema” quantitativo isso nem se discute. E se for um problema qualitativo, cedo ou tarde terão que ser estabelecidas relações de natureza matemática, mesmo que não envolvam cálculos. Segundo Roque (2005) apud Karam e Pietrocola (2009a): “Uma análise que considere separadamente os aspectos físicos e matemáticos de um problema pressupõe, mesmo que implicitamente, que a Física trabalha com a realidade, ao passo que a Matemática deve fornecer as considerações formais para a descrição física desta realidade. O preço dessa suposição é o de relegar, ao mesmo tempo, a Física a um saber incapaz de se legitimar a si mesmo e a Matemática a uma abstração, a uma mera formalização sem mundo. Este preço é alto, pois tem como consequência um enfraquecimento de ambas, tanto da Matemática como da Física”. (L23 – fórum Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física, grifo nosso – Metodologia)

Notamos que L23 justifica sua posição citando um trecho presente na leitura de Karam e Pietrocola (2009a) em que os autores criticam a separação entre aspectos físicos e matemáticos na resolução de problemas. Novamente podemos destacar que essa ideia está na direção de Buniolo e Budinich (2005) quando argumentam que as teorias físicas contemporâneas não podem ser separadas em parte física e conceitual, pois são signos físico-matemáticos. Podemos notar que o posicionamento do grupo em relação ao papel da Matemática na Física aponta para a noção de linguagem estruturante. Porém, tal posicionamento não garantiu clareza a respeito da forma como abordar a Matemática no Ensino da Física.

4.1.2 SÍNTESE

No tópico anterior apresentamos uma análise minuciosa sobre a forma como as relações entre a Matemática e a Física foram tratadas no ensino dadas determinadas condições do contexto de produção das reflexões dos licenciandos partindo das categorias analisadas por Karam (2012). Verificamos que algumas categorias propostas por Karam (2012) não foram encontradas, mas outras surgiram, como “história da ciência” e diferenciações entre “analogias materiais” do tipo que nomeamos como “atividades práticas” e “atividades mentais”. A seguir apresentamos uma síntese das categorias que encontramos e apontamos algumas diferenças importantes em relação às categorias de Karam (2012).

Interpretação

Essa categoria está relacionada às discussões e atividades que buscassem a interpretação física das estruturas matemáticas presentes nas leis físicas ou na interpretação de resultados de exercícios e problemas. Nesse caso também foram indicados casos particulares e limites para melhorar a compreensão das expressões matemáticas. A seguir alguns trechos das falas que representam essa categoria.

[...] nós podemos primeiro né, representar matematicamente mantendo a distância fixa e variando as massas, pra que o aluno ele possa perceber que existe uma variação nessa força e em seguida nós podemos manter também as massas fixas e fazer com que aconteça uma variação na

distância para que o aluno também possa perceber que vai existir uma variação na força também nesse caso. (L1 - VC – Metodologia)

[...] se caso a gente modificasse a massa entre [...] cada corpo, então se a gente aumentasse a distância entre elas, modificasse a massa, qual a força que deveria existir pra ele se atrair [...] (L5 - VC – Metodologia)

Então se eu analisar quando a distância tende a infinito o que que acontece, quando a distância tende a zero...isso é uma análise de certa forma matemática mas que remete aos conceitos físicos também. (L4 - VC – Metodologia)

Então tu expõe o aluno a situações limites onde ele vai ter que buscar um raciocínio em cima disso. (L6 - VC – Metodologia)

[...] Fazendo a análise de resultados ele vai supor hipóteses e ele vai conseguir fazer com que o aluno entenda melhor aquilo que ele colocou sem colocar uma matemática e pronto [...]. (L10 - VC – Metodologia)

Foi possível identificar que essa categoria surgiu como resposta à solicitação de como auxiliar os estudantes a compreenderem os conceitos físicos relacionados aos modelos matemáticos. As argumentações dos licenciandos também sugerem que a interpretação dos modelos matemáticos esteve ligada à verificação de relações de causa e efeito com relação às variáveis presentes. Também pudemos notar que a presença dessa categoria na argumentação dos licenciandos foi influenciada mais fortemente pelas ideias presentes no artigo de Gil-Pérez et al. (1992), o que pode estar relacionado ao fato de relacionarem as ideias presentes nele mais facilmente com aspectos relacionados ao EF.

Analogia Material - Atividade experimental

Segundo a categoria original descrita por Karam (2012), as analogias materiais estão relacionadas à apresentação de diferentes situações cotidianas, analogias e metáforas utilizadas para a significação de conceitos abstratos. No contexto que analisamos, diferenciamos a categoria “analogia material” com a subcategoria “atividade prática”. Isso

porque em alguns momentos os licenciandos indicaram a realização de analogias com atividades práticas/experimentais, onde se poderia testar ou comprovar o efeito análogo relativamente à situação que se desejava explicar, buscando justificar a presença de determinadas estruturas matemáticas, como relações de proporcionalidade direta e inversa, ou mesmo a influência entre variáveis. A seguir podemos acompanhar as falas que caracterizam essa categoria:

E, a gente pode usar como uma forma de explicar isso, de até mesmo esclarecer para o aluno pra ficar até mais prático usando por exemplo os ímãs. E a gente pode usar esses ímãs com massas diferentes, fazendo uma analogia para que ele possa então perceber que existe uma força gravitacional atuando sobre esses corpos né. (L1 - VC – Metodologia)

[...] aquela analogia feita com ímãs ali é importante [...] não só pra trazer o conteúdo mais próximo da realidade do aluno, de alguma coisa palpável, que ele tenha contato com o conhecimento, o professor pode fazer também de maneira prática na sala de aula. [...] ele pode até mostrar para o aluno de maneira análoga o efeito do inverso do quadrado da distância. [...]. (L6 - VC – Metodologia)

Para que o aluno faça a relação da força na equação, que é inversamente proporcional ao quadrado da distância, o professor pode propor que os alunos peguem pedaços de ímãs de massas aproximadas nas mãos, e com a aproximação e afastamento, intua a relação força-distância. [...] (Grupo F – Tarefa 2)

[...] adaptando-se um dos ímãs a uma mola, poder-se-ia mostrar que a massa (e por consequência a força magnética) influencia diretamente na deformação da mola. Já para o caso da distância talvez o experimento não fosse suficientemente elucidativo, mas, é possível que, ao menos, a relação direta com a distância possa ser descartada. (Grupo F – Tarefa 2)

Podemos notar que atividades experimentais/práticas não foram discriminadas dentre as categorias analisadas por Karam (2012). Isso pode ser entendido em parte pelo fato dos currículos de cursos superiores em Física possuírem laboratórios destinados ao desenvolvimento de atividades dessa natureza, ficando discriminada a diferença entre disciplinas teóricas como Física I, II, III e IV das disciplinas de laboratório, como Laboratório de Física I, II, III, e IV. Ou seja, a disciplina analisada por Karam (2012), por ser de natureza teórica não teria muito espaço para a realização de atividades práticas/experimentais. Já quando se trata do ensino básico essa diferenciação curricular entre disciplinas de natureza e teórica e experimental não existe da mesma maneira.

Num contexto mais imediato, podemos indicar que a presença de atividades dessa natureza possui influência de outras discussões que ocorreram na disciplina de Metodologia, em um tema de discussões intitulado “Experimentação da Física e no Ensino de Física”, baseado no artigo “Novos Rumos para o Laboratório Escolar” de Borges (2002)²⁴, que foi objeto de discussão por meio de um fórum e também da realização de uma resenha. Podemos indicar também influência da disciplina de INSPE A, com associação aos exemplos de atividades relacionadas à modelização de variáveis por meio de atividades experimentais, desenvolvidas em uma VC da disciplina e também do próprio livro didático da disciplina²⁵, que está relacionado a evidenciar o caráter estruturante da Matemática para o conhecimento científico. Essa relação pode ser identificada na fala de um licenciando no fórum quando ele traz uma ideia em resposta a contextualizar a Matemática em aulas de Física:

Aqui posso mencionar a atividade feita pelo professor [refere-se as atividades de modelização de variáveis desenvolvidas em INSPE A] como

²⁴ O artigo de Borges (2002) pode ser encontrado em <
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099> >

²⁵ O capítulo 13 do livro base da disciplina de INSPE A é intitulado “Modelos científicos, modelos escolares e modelização”. Um dos subtópicos do capítulo apresenta uma atividade de modelização de variáveis por meio de atividades experimentais utilizando dominós, mesma desenvolvida durante uma VC da disciplina. A mesma atividade pode ser encontrada no artigo de Pinheiro, Pinho-Alves e Pietrocola (2001) intitulado “Modelização De Variáveis: Uma maneira de caracterizar o papel estruturador da matemática no conhecimento científico” disponível em <
<http://moodle.stoa.usp.br/mod/resource/view.php?id=33006%E2%80%8E> >.

aplicação da modelização no ensino de física, aplicamos matemática usando conceitos físicos. Atividades como a proposta por ele levam o aluno a pensar sobre o que está ocorrendo por trás da matemática, assim ele desenvolve a matemática mas vive o problema, medindo, anotando e analisando os resultados. (L12 – fórum Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física – Metodologia)

É interessante destacar que as atividades propostas pelos licenciandos não são utilizadas para construção de modelos matemáticos. A analogia material por meio de uma atividade prática/experimental está relacionada a mostrar uma situação análoga em que as relações de causa e efeito possam ser de alguma maneira vivenciadas pelos estudantes para que possam interpretar o efeito análogo presente no formalismo matemático da lei da gravitação.

Analogia Material - Atividades mentais

Essa categoria se aproxima mais da categoria **analogia material** proposta por Karam (2012). Apenas fizemos a complementação com “atividades mentais” para diferenciá-la da categoria anterior relacionada a “atividades práticas”. De fato essa categoria está relacionada a apresentar diferentes situações cotidianas, analogias e metáforas para a significação de conceitos abstratos. A seguir podemos ver as falas relacionadas a essa categoria:

[...] usando principalmente o sistema planetário que o aluno né, vê e já tem uma noção prévia, porque a gente precisa também partir do princípio de que o aluno tem uma pré-conceito sobre o sistema planetário, e de porquê que, por exemplo a Lua orbita né, na orbita da Terra e não escapa...o Sol sendo bem maior do que a Terra não “capta” a Lua para ela por exemplo. (L2 - VC – Metodologia)

[...] tu tens duas situações: é o Sol com um planetinha bem pequeno só que bem próximo e o Sol com um planeta bem grande e bem longe do Sol. Qual das duas situações teria a maior força de interação gravitacional? (L6 - VC – Metodologia)

Quando amarramos uma pedra em uma corda e colocamos ele a girar percebemos uma tração na corda que impede a pedra de escapar (basta que cortemos a corda durante o movimento para vermos isto). Do mesmo modo, a Lua também gira em torno da Terra porém sem corda ligando os dois. Qual o papel da gravidade nesta comparação? [...] (Grupo F – Tarefa 2)

A presença dessa categoria se deu justamente por termos solicitados por meio das questões norteadoras como o professor poderia auxiliar os estudantes na compreensão dos fenômeno durante a explicação ligada a lei física.

Matematização - Modelização

O processo de construção de modelos matemáticos passa por uma série de considerações sobre o fenômeno, como identificação de variáveis relevantes, simplificações e idealizações sobre ele, para que possa ser traduzido em linguagem matemática. Em nossa análise pudemos identificar alguns momentos em que discussões dessa natureza seriam desenvolvidas:

[...] Na verdade a gente sabe que não temos como isolar a gravidade e isso é uma situação fictícia. Então a gente vai ter que expor já nesse [...] momento essa questão de que, apesar de a gente calcular e ter um valor definido isso [...] é um modelo que está longe de mudar a realidade, está longe de conseguir essa situação, porque em qualquer lugar que tiver dois corpos [...] vão ter outros sendo influenciados pela gravidade né. (L3 – VC)

[...] o ímã mesmo maior ou menor, como o L7 até falou no outro exemplo dele ali, é bom também pra que eles percebam que essa força é uma força que depende da massa e não do volume. [...]. (L6 - VC)

Com os experimentos realizados anteriormente, e após a discussão em sala de aula, será possível, pelo menos em tese, que os alunos saibam que as

variáveis do problema são as massas dos corpos e a distância entre eles. [...] (Grupo F – Tarefa 2)

Segundo Karam (2012) esse processo é bastante complexo e quase nunca está presente no EF. Como argumentamos, numa perspectiva kuhniana, esse processo muitas vezes pode acontecer de maneira implícita durante a formação de físicos, o que pode justificar em parte a falta de discussões dessa natureza no EF, pois geralmente os estudantes são expostos a situações previamente modelizadas, já investidas em práticas de uso de símbolos pela comunidade científica. Isso porque o futuro cientista não resolve um problema que já não tenha sido resolvido pela comunidade científica. O exemplares, em linguagem kuhniana, já passaram pelo processo de abstrações e idealizações resultados do processo de modelização, deixando assim todo o processo relacionado ao seu desenvolvimento implícito nele. A presença dessa categoria é importante quando pensamos no EF, pois a falta de tais discussões implica que implicitamente ao usarmos relações de natureza matemática estaria evidente as variáveis relevantes em determinado fenômeno e a forma como se relacionam com a situação real. Mas podemos citar um exemplo muito comum que coloca por terra tal pensamento. Não é raro, após estudantes resolverem inúmeros problemas relacionados a queda de corpos afirmarem que existe uma dependência entre o tempo de queda e a massa do corpo. Ou seja, se o contexto de validade das leis físicas não estiver devidamente explicitado e compreendido, ainda haverá o mundo da Matemática e o mundo da Física, em que o estudante estaria inserido.

Matematização - Estruturas Matemáticas

Essa categoria está relacionada a justificar o uso de determinadas estruturas matemáticas para representar determinados fenômenos físicos no processo de matematização dele, como vetores para representar variáveis que dependem da orientação espacial, ou funções trigonométricas (seno e co-seno) quando se deseja decompor um vetor em componentes ortogonais. Nesse caso estruturas matemáticas são utilizadas para representar grandezas físicas e suas relações. Aspectos essenciais são identificados e justificativas físicas são oferecidas.

[...] Não se tinha matemática para se explicar isso [refere-se a orientação de uma bússola em função da presença de um campo magnético]. Mas depois houve uma análise vetorial, matemática,

adaptando-se a situação, em que resultou em um vetor. [...]. (L9 - VC – Metodologia).

E o professor ainda poderia melhorar essa explicação, ou seja, clarear mais para o aluno a relação do seno sem usar tanto a relação trigonométrica explicando pra ele o conceito físico [...]. (L12 - VC – Metodologia).

O professor poderia começar lembrando as aulas de matemática, onde se aprende que o seno de um ângulo (num triângulo retângulo) [...]. [...]então o cateto oposto terá o mesmo tamanho e será a projeção perpendicular da força magnética, “em cima” do campo magnético. Em outras palavras, $F_m = iLB \sin(\theta)$. O seno aparece nesta relação justamente porque representa a projeção da componente de um vetor perpendicular a outro sobre este outro [...]. (Grupo G – Tarefa 2).

Pudemos notar que a presença dessa categoria esteve diretamente relacionada a leitura de Karam e Pietrocola (2009a) na argumentação de L12 e do grupo G. Já na fala de L9 a discussão aparece quando ele argumentou sobre discussões de caráter histórico do desenvolvimento da expressão que dá a força magnética.

História da Ciência

Essa categoria não estava entre as analisadas por Karam (2012), mas foi um aspecto apontado durante a análise dos licenciandos. Está relacionada a apresentação de teorias físicas trazendo aspectos históricos relacionado as leis físicas. Um grupo chegou a argumentar que a falta de uma discussão de natureza histórica poderia prejudicar o entendimento das relações matemáticas envolvidas. A seguir apresentamos as falas que caracterizam essa categoria:

[...] e a gente pensou que deveria ser uma análise talvez até histórica e epistemológica antes de chegar no conceito, de chegar na equação propriamente dita. (L4 – VC – Metodologia)

A ideia é melhorar, focar, intensificar a história né, da constatação, da definição da constante universal da gravitação [...]. [...] é meio perturbador a gente ter uma constante dentro de uma equação e não tratada de onde que ela veio [...]. (L3 – VC – Metodologia)

[...] uma coisa que dá para ser abordado [...] trata do estudo da história da ciência. [...] Oersted [...] percebeu que ao circular uma corrente elétrica num circuito, ao aproximar casualmente uma bússola [...], o sentido de fluxo de carga era o mesmo o sentido para onde a bússola apontava. (L9 – VC – Metodologia)

Como argumentamos, num contexto mais imediato, tal diferenciação pode ser inferida como influência da disciplina de INSPEA A, que possui um capítulo do livro didático para discutir aspectos relacionados à história da ciência no EF. Além disso, uma atividade da referida disciplina consistia nos estudantes elaborarem um texto didático destinado ao EM recontextualizado historicamente.

Dessa forma julgamos o aparecimento dessa categoria importante, pois os sujeitos dessa pesquisa fazem um curso de Licenciatura em Física que visa ao ensino dessa disciplina no nível básico, diferença fundamental de um curso que visa à formação de um cientista, como no caso analisado por Karam (2012). Em uma visão kuhniana, tradicionalmente aspectos históricos são suprimidos dos manuais destinados ao processo de formação científica: “é característica dos manuais científicos conterem apenas um pouco de história, seja um capítulo introdutório, seja, [...], em referências dispersas aos grandes heróis de uma época anterior” (KUHN, 2011, p. 177). O autor argumenta que em parte tal posicionamento se dê na tentativa de suprimir o erro e a confusão que um detalhamento histórico possa induzir. Porém, alerta que esse aspecto acaba por introduzir o pensamento de que o desenvolvimento do conhecimento científico seja algo linear e cumulativo, o que implica em uma visão distorcida do empreendimento científico. Citando um exemplo de desenvolvimento histórico da definição de “elemento” por Boyle, Kuhn (2011) argumenta que os conceitos científicos só possuem significado dentro de determinado contexto. Dessa forma o autor parece ressaltar alguns

benefícios pedagógicos²⁶ relacionados à incorporação de aspectos históricos nos manuais científicos, uma vez que a forma como o conhecimento científico foi incorporado no manual dado o contexto do desenvolvimento da definição de “elemento”, “determinou nossa a imagem a respeito da natureza da ciência e o papel desempenhado pela descoberta e pela invenção no seu progresso” (p. 183), segundo Kuhn, aspecto importante para a compreensão do conceito de “elemento”.

É nesse contexto que entendemos a ausência da “história da ciência” da categorização das análises realizadas por Karam (2012). Mas seu valor no ensino da Física em nível básico fica evidente quando nos voltamos a analisar a argumentação dos licenciados.

Epistemológica

Essa categoria remete a discussões sobre a própria natureza do conhecimento científico. Segundo Karam (2012), aspectos relacionados construção dos conhecimentos são discutidos como, por exemplo, “o que é uma teoria”, “qual a relação da matemática com a física”, “qual a relação entre teoria e experimento”, “modelo e realidade”, entre outros. A seguir apresentamos as falas que caracterizaram discussões dessa natureza:

Considerando como o L4 falou aqui que já foi tratado algumas questões dos conceitos de força, a distância envolvida, mas a, uma constante é meio perturbador a gente ter uma constante dentro de uma equação e não tratada de onde que ela veio, o que que ela significa [...] então um tratamento epistemológico pra essa constante seria um dos caminhos que a gente utilizaria para a questão norteadora número 1 lá. (L3 – VC – Metodologia).

Então através da análise da realidade de algo que tá acontecendo, que não é um experimento criado por alguém, que é algo que tá acontecendo mesmo, através da análise disso e da captura desses dados é possível chegar a uma equação dessas certo, então não é algo manipulado que se possa fazer em laboratório né. (L4 – VC – Metodologia).

²⁶ Vale ressaltar que Kuhn não está interessando em discutir diretamente aspectos relacionados ao Ensino de Física. Kuhn está analisando o papel dos manuais científicos na manutenção de paradigmas, ou seja, na formação de comunidades científicas.

[...] na física procura-se sempre o modelo matemático mais próximo e, após vários experimentos bem mais sensíveis que este, o modelo que mais se ajustou foi o da variação com o inverso do quadrado da distância [...]. (Grupo F – Tarefa 2).

Pudemos indicar que o aparecimento dessa categoria teve influência de discussões que ocorreram em disciplinas como Didática Geral, INSPEA A e Metodologia, disciplinas recheadas de problematizações a respeito da natureza do conhecimento científico. Segundo Karam (2012), discussões dessa natureza não são comuns em aulas de física básica, sendo que geralmente são objeto de discussão de disciplinas como história ou filosofia da física/ciência. Novamente, destacamos que no contexto do nível básico não existem disciplinas dessa natureza, o que justificaria ainda mais a presença delas no ensino da Física. Discussões dessa natureza são importantes também, pois dizem respeito a compreensão sobre como os físicos fazem o que fazem, o que está para além de apresentar apenas os produtos desse processo, mas o processo que gera esses produtos.

Visual – Pictórico

Essa categoria está relacionada à apresentação de desenhos, diagramas e esquemas como fonte de explicação. Segundo a entrevista feita com o professor analisado por Karam (2012), “‘o conhecimento da física é silencioso’ e não pode plenamente ser representado por palavras” (p. 100), o que justificaria o uso das representações pictóricas na significação de conceitos. A seguir apresentamos as falas que caracterizam essa categoria:

[...] seria propor talvez uma atividade gráfica onde quando você aumenta a massa ou aumenta o tamanho e digamos que esse volume seja proporcional a massa, quando eu aumento o tamanho de uma das esferas eu aumento também a força que indica a tração entre elas ou quando eu aumento a distância, [...], esse vetor força ali que deve estar representado no desenho diminui quando eu aumento essa distância ou ao contrário. [...]. (L4 - VC – Metodologia)

[...] a proposta é criar uma figura que tenha uma escala, com o objetivo de ter uma ideia, uma aproximação dos diâmetros, e dizendo considerando a densidade da Lua e da Terra que sejam iguais. [...]. (L3 - VC – Metodologia)

Uma segunda forma de abordar seria pedir a construção de um gráfico na forma da força gravitacional em função da massa de um dos corpos e outro gráfico da força gravitacional em função da distância [...]. (L3 - VC – Metodologia).

[...] tu tens duas situações: é o Sol com um planetinha bem pequeno só que bem próximo e o Sol com um planeta bem grande e bem longe do Sol. Qual das duas situações teria a maior força de interação gravitacional? (L6 - VC – Metodologia).

O que eu acho muito interessante e que a gente abordou aqui [...] é essa abordagem pictórica, que tá no item (a) desse mesmo material que nós estamos [...] debatendo, que não é uma representação gráfica, é uma representação pictórica, que é a melhor maneira [...] de dar um pontapé na matemática, e principalmente na conceituação utilizando da mão [...] que foi um exercício que a gente adotou. (L9 – VC – Metodologia, grifo nosso).

Pudemos notar que representações pictóricas estiveram intimamente relacionadas a responder como o professor poderia auxiliar os estudantes a interpretar as relações entre os conceitos físicos presentes no formalismo matemático.

Visual – Gestual

Essa categoria está relacionada a realização de gestos com alguma função explicativa. Podemos notar a presença dessa categoria explicitamente em dois grupos:

[...] e principalmente na conceituação utilizando da mão [...], eu acho que a regra da mão direita fica bem claro, [...] e que foi um exercício que a gente adotou. Implicitamente então oportuniza um

trato matemático. (L9 – VC – Metodologia, grifo nosso).

[...] Ao abordar a regra da mão direita, o professor daria explicações sobre os conceitos de produto vetorial. (Grupo G – Tarefa 2)

Notamos que essa categoria esteve intimamente ligada ao uso da regra da mão direita, aspecto já presente na situação 2. Nesse caso podemos apontar uma limitação em compreender situações não resultantes de práticas efetivas de ensino, mas de situações fictícias, como no caso dessa pesquisa. Acreditamos que recursos gestuais estariam mais presentes se fossem analisadas situações em que os licenciandos estivessem ministrando alguma aula, como em disciplinas como prática de ensino.

4.2 O FÓRUM

No fórum há um total de 96 postagens, que ocorreram num período de aproximadamente três semanas. Além disso, a maior parte das postagens ocorreu na última semana (70 de 96) após a VC, uma vez que a atividade foi avaliativa nesta. Participaram do fórum 18 licenciandos. Como ponto de início para a discussão, foi solicitado aos licenciandos resolvessem e entregassem o seguinte problema proposto por Gil-Pérez et al. (1992) antes de disponibilizar as leituras obrigatórias (Tarefa 2):

Um objeto se move ao longo de sua trajetória segundo a equação: $e = 25 + 40t - 5t^2$ e (e em m, t em s). Que distância percorrerá em 5s?

Inicialmente analisamos as respostas enviadas ao problema inicial em que apenas duas das resoluções estavam corretas. Dois licenciandos construíram o gráfico para a equação, mas sem fazer qualquer comentário sobre ele. De maneira geral os estudantes que erraram apenas substituíram o valor de $t = 5$ s na equação o que dá a resposta errada para a distância percorrida como 100 m. A minoria ainda listou os dados apresentados no enunciado ($e = ?$ e $t = 5$ s) antes de substituir na expressão. Alguns ainda descontaram a posição inicial (25 m) e consideraram a distância percorrida como $100 \text{ m} - 25 \text{ m}$ resultando em 75 m. As confusões entre conceitos de posição, deslocamento e distância percorrida, nos indica a fragilidade da cultura de resolução mecânica de problemas, como já indicado por Gil-Pérez et al. (1992). Nosso objetivo não foi o de julgar acertos e erros, mas proporcionar uma “tomada de consciência” nos termos de Gil-Pérez et al. (1992). Cabe ressaltar que a substituição direta

dos valores de t não dá a resposta correta. Para resolvê-lo é preciso pensar fisicamente a matemática do problema como argumentado no subtópico 2.1.1, ou seja, é preciso utilizar o que estamos chamando aqui de “habilidades estruturantes”.

Após a entrega da resolução do problema, em que apenas duas das 20 respostas devolvidas estavam corretas, iniciamos o fórum com os questionamentos:

1 - Resolva o problema da Tarefa 1 para 6 segundos e compare com o resultado anterior que achou para 5 segundos. O que você conclui?

2 - A que se deve atribuir resultados errôneos tão generalizados em um problema como o anterior? O que podem indicar? O que sugerem?

A questão 1 faz parte da tomada de consciência, uma vez que os resultados encontrados para 5 s e 6 s quando substituídos na expressão do enunciado acarretam que o objeto percorreu uma distância menor após 6 segundos quando comparado com o resultado para 5 segundos. A segunda questão foi o foco principal das discussões no fórum. A argumentação girou em torno dos motivos pelos quais a maioria dos estudantes errou a resolução do problema proposto. Tivemos como objetivo além de problematizar a didática tradicional de resolução de problemas, proporcionar reflexões sobre a própria forma matemática de pensar o fenômeno. A análise do fórum se deu para compreender quais aspectos os licenciandos relacionam como a causa dos erros e se a forma de encarar a Matemática na resolução de problemas foi apontada como possível causa para eles. Como o objetivo das atividades era levar os estudantes a refletirem sobre o papel da Matemática na Física e no EF, suas ideias durante as atividades iam se alterando, também por influência das leituras obrigatórias, das intervenções da equipe docente e pelas próprias ideias que eram apresentadas no fórum. Em alguns momentos ainda é possível notar influência de outras disciplinas, como INSPE A.

Após colocar as questões iniciais (1 e 2), indicamos no próprio fórum que a maiorias das respostas dadas para o problema estavam erradas (100 m e 75 m para $t = 5$ s). Dois dias após, disponibilizamos a leitura 1 (GIL-PÉREZ et al. (1992)). Apresentamos novamente a síntese cronológica dos que ocorreu no fórum:

Tabela 3²⁷ – Síntese das atividades desenvolvidas sobre RPMF.

Dom.	Seg.	Ter.	Quarta	Qui.	Sexta	Sábado	P T
25/11	6/11	7/11	28/11	9/11	30/11	01/12	
Entrega da Tarefa 1	-	Início do Fórum	Devolução da Tarefa 1 e liberação da Leitura 1	-	--	Atividade e de Modelização (VC - INSPEA)	
--	-	NP – 03	NP – 08	NP – 02	NP – 03	NP – 01	7
02/12	3/12	4/12	05/12	6/12	07/12	08/12	
Liberação da Leitura 2	-	-	--	-	Liberação das situações 1 e 2	Atividade e tutor e apresentação das situações 1 e 2 na VC	
NP – 05	NP – 04	NP – 0	NP – 01	NP – 0	NP – 0	NP – 04	4
09/12	0/12	1/12	12/12	3/12	14/12	15/12	
Entrega resumo VC	-	-	-	-	--	--	

²⁷ Tabela idêntica a Tabela 2.

(Tarefa 2)							
NP – 03	NP – 08	NP – 07	NP – 06	NP – 04	NP – 09	NP – 11	8
16/12	7/12	8/12					
		Encerramento do Fórum	-	-	--	--	
NP – 15	NP – 01	NP – 02					8

TP – Total de postagens no fórum por semana.

NP – Número de postagens no fórum por dia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Além disso, conforme as discussões avançavam outras intervenções foram feitas pela equipe docente, buscando fomentar a discussão. Algumas intervenções foram: se todos dominam os conhecimentos matemáticos necessários para resolver o exercício corretamente, por que quase todos erraram? Como fizeram para resolver corretamente? L1 e L14 falam de falta de informação no enunciado. Pode ser. Mas o que estaria faltando? Práticas que envolvem a resolução de exercícios poderiam ser diferentes? Como? Como as ideias presentes nas leituras obrigatórias ajudam a pensar na tarefa que está sendo discutida nesse fórum? Se tivéssemos as etapas propostas por Polya em mente conseguiríamos resolver o problema que foi proposto no início do fórum de maneira correta? Gente, a L1 destacou um ponto importante do texto do Karam e Pietrocola (2009a), em que trazem ideias de outros autores. Mas eles concordam totalmente com isso? Mas as grandezas relacionadas

na equação não são distância e tempo, mas posição em função do tempo. O exercício pede a distância total percorrida, e não a posição ou o deslocamento. Então agora pensemos juntos: 1) Qual a diferença entre distância, deslocamento e posição? 2) Em movimentos uniformemente variáveis, distância e deslocamento são a mesma coisa? Vocês começam a compreender onde está o problema na leitura mecânica do problema?

A seguir fazemos uma síntese das categorias levantadas no fórum relacionadas as causas indicadas para a resolução mecânica.

4.2.1 ANÁLISE

Na análise do fórum tivemos como propósito verificar se através das atividades desenvolvidas sobre o tema (discussões no fórum, leituras dos artigos e análise das situações da VC) aspectos relacionados a atitude frente a presença da Matemática no EF seriam levantados como motivos para tal comportamento. Sem termos estabelecido categorias de análise *a priori*, através de leituras analíticas do fórum identificamos que as justificativas dos licenciandos para os erros na resolução do problema proposto puderam ser organizadas em seis categorias: **falta de clareza conceitual das grandezas envolvidas; falta de pensamento físico; problemas no enunciado; problema na formação; falta de planejamento adequado; e motivação.**

Podemos dizer que as categorias emergiram da análise dos dados. A seguir apresentamos as categorias e algumas falas dos licenciandos que as caracterizam e tecemos alguns comentários. É importante ressaltar que algumas postagens apresentam ideias que dizem respeito a mais de uma categoria.

Falta de clareza conceitual das grandezas envolvidas

Classificamos nesta categoria as ideias que relacionavam-se com a compreensão/significado físico das grandezas/conceitos físicos envolvidos no problema. Essa categoria foi caracterizada uma única fala, sendo a primeira postagem dos licenciandos no fórum.

Acho que o erro mais comum se deve à tentativa de aplicar a fórmula sem saber exatamente o **significado de cada grandeza envolvida**. Outro erro comum deve ser devido a **falta de clareza com relação a conceito como deslocamento e**

distância percorrida. (L24, grifo nosso). [Antes da VC – 3ª postagem]

De fato esta confusão entre os conceitos posição, deslocamento e distância percorrida são apontados por Gil-Pérez et al. (1992) como reflexo de uma frágil cultura da resolução mecânica de problemas, que pouco contribui para o esclarecimento de tais conceitos. Apesar disso, apenas clareza em relação a estes conceitos não se mostrou suficiente para resolver o problema, uma vez que alguns licenciandos calculam a diferença entre posição inicial ($t=0$) e posição final ($t=5$), encontrando assim a distância percorrida. Tal cálculo estaria correto se o movimento estivesse ocorrido em um único sentido. Gil-Pérez et al. (1992) sugere que tal fato deve-se a generalização acrítica na resolução de problemas, uma vez que geralmente os estudantes são expostos a situações que o procedimento, tal qual como realizado por praticamente todos os licenciandos de nossa análise, quase sempre dá certo.

Falta de pensamento físico (habilidade estruturante)

Nessa categoria classificamos as falas que indicam que a análise do problema se resumiu ao modo técnico (habilidades técnicas) de trabalhar os problemas no EF, de modo que uma análise física da situação não foi realizada.

[...], nem pensamos no que estamos resolvendo apenas aplicamos as equações e simplesmente encontramos o resultado achando que está correto. É aplicar a matemática sem utilizar o contexto físico. (L12). [Antes da VC – 5ª postagem]

Concordo com L12, pois geralmente lemos a questão e já vamos substituindo os valores na equação. (L22). [Antes da VC – 9ª postagem]

[...] Muitas vezes, os alunos são tão acostumados a trabalhar a matemática dos problemas de física, que não prestam atenção no fenômeno físico envolvido, mas este tipo de operativismo abstrato, que é tratado somente da matemática dos problemas, de acordo com o texto [Gil-Pérez et al. (1992)], deixa a aprendizagem do aluno prejudicada, pois é carente de significado. O tratamento dos problemas físicos, de forma mecânica e matemática, dá um

tratamento superficial e não clarifica os conceitos, e desta forma, pouco pode contribuir para uma aprendizagem significativa. (L10). [Após a VC – 64ª postagem]

A fala de L10 encontra-se no final da terceira semana de discussões. Ele parece sensibilizado com o problema que essa falta de pensamento causa ao EF, quando traz as ideias de Gil-Pérez et al (1992) ao dizer que a resolução de problemas que não leve em conta o contexto físico pouco pode contribuir para a aprendizagem. Um aspecto que chama a atenção na fala de L10 é o fato de responsabilizar apenas o aluno como culpado pela resolução mecânica, quando muitas vezes ele é apenas um refém da tradição a que é submetido. Um ponto que chama bastante a atenção é que apenas um licenciando atribuiu os erros a falta de interpretação física da equação de maneira explícita (habilidade estruturante). Segundo ele

[...] lendo as últimas mensagens colocadas no fórum, pensei no seguinte: primeiro não analisamos e não interpretamos a equação matemática em si, como função matemática, suas variáveis dependentes e independentes e depois faltou análise física dessa função matemática, ou seja, faltou-nos "habilidades estruturantes" voltando ao texto 2 na p. 194. (L6)". [Após a VC – 78ª postagem]

Sua posição está fundamentada no artigo de Karam e Pietrocola (2009a) pois ele cita um trecho em que os autores defendem como um dos principais objetivos do EF desenvolver a habilidade de elaborar, interpretar e transitar entre modelos de natureza matemática, ou seja, a habilidades estruturantes. Mas o contexto de sua fala nos permite entender mais precisamente que o trecho a que se refere seja o seguinte:

Diante do exposto, podemos retomar a segunda categoria proposta por Pietrocola (2008), a qual foi intitulada *habilidades estruturantes* e é entendida pelo autor como a capacidade de se fazer um uso organizacional da Matemática em domínios externos a ela (especialmente em Física). Em outras palavras, podemos entendê-la como a habilidade de pensar matematicamente os fenômenos do mundo físico, ou, de ler esse mesmo

mundo por meio de uma linguagem matemática, ou ainda, de estruturar o mundo físico por meio da matemática. (KARAM; PIETROCOLA, 2009a, p. 194, *itálico do original*).

É interessante notar que algumas condições do contexto como as discussões que ocorreram bem como a leituras dos textos, permitiu o licenciando a refletir e fazer uma crítica sobre a sua própria postura em relação à resolução de problemas. Podemos notar que a fala de L6 está entre as últimas postagens do fórum, o que indica o esforço para compreender a causa dos erros sob o ponto de vista da interpretação física da função matemática. Essa posição é importante pois caminha na direção de uma tomada de consciência de que apenas o domínio de conhecimentos matemáticos não seria suficiente para compreender os modelos matemáticos sobre o mundo físico.

Problemas no enunciado

Nessa categoria foram classificadas as falas relacionadas a problemas com o próprio enunciado da questão, no sentido de que a questão estaria mal formulada, principalmente pelo fato de o problema não ter especificado o intervalo de tempo a ser considerado. Vejamos algumas falas:

[...] para mim este problema não foi proposto de forma correta [...]. Ora, faltou definir em que momento começamos a contar os tais cinco segundos. Não está nem um pouco claro que o aluno ou nós mesmos, tenhamos que considerar o instante inicial como sendo $t=0$. Se um aluno me dissesse: "mas professor... eu observei o objeto se movendo à partir de $t=1,5s$ e, após 5 segundos, ou seja, em $t=6,5s$, percebi que ele estava exatamente no mesmo lugar! " Bom, eu particularmente ficaria com cara de tacho... E, para mim, isto serve para ilustrar que muito daquilo que consideramos óbvio na física, por estarmos tão acostumados com um "formato padrão" e com certas "regras", pode e vai ser motivo de dificuldades para os alunos. Isso porque este tal formato padrão das coisas não tem nenhuma justificativa lógica. É tão somente uma convenção adotada e assimilada na base da insistência (L20). [Antes da VC – 12ª postagem]

Acredito que os erros tenham ocorrido por falta de mais informações no enunciado do problema [...] (L14) [Antes da VC – 14ª postagem]

Eu concordo com L20, com relação a clareza do enunciado. Eu escreveria qual a distância percorrida pelo móvel nos PRIMEIROS 5s de movimento? [...]. Acho inclusive que esse tipo de situação era o que deveríamos discutir muito mais nesse curso porque "aqui" temos uma situação que pode nos ajudar realmente a rever nossa prática (L24). [Antes da VC – 26ª postagem]

Esta visão também foi comum entre as ideias apresentadas. Isso nos mostra o controle estabelecido em uma formação paradigmática, uma vez que o problema tem problemas quando não deixa explícito exatamente todos os dados necessários para resolvê-lo. Esse pode ser um aspecto que reforça a ideia da dificuldade que pode ser conceber um “problema aberto” nos termos de Gil-Pérez et al. (1992) como indicamos na análise da VC.

Um ponto que se destaca é a crítica sobre a causa dos erros relacionados a esta categoria pelo L6: “Agora não vejo problema algum no enunciado da questão. [...] Eu entendi tranquilamente que se trata dos primeiros 5s do movimento [...]”. Convém ressaltar que as ideias de “L6 estão dentre as últimas postagens, e a de L24 e L20 entre as primeiras. Isso nos indica certa evolução na forma de trabalhar com o problema, especialmente sobre a postura em relação a Matemática diante de uma situação física, como o próprio L6 indica, quando diz que após ter lido algumas postagens é que chegou a essa conclusão.

Problema na formação

Nessa categoria classificamos as falas que apontaram para sua própria formação como “culpada” para a forma de agir frente a resolução do problema que resultou no grande número de erros.

Estamos acostumados a resolver problemas, substituindo diretamente as incógnitas pelo seu valor e "quase sempre" dá certo. Eu diria até que aprendemos a fazer assim. (L23). [Antes da VC – 20ª postagem]

Me pergunto onde foi que errei, mas na real idade o que todos nós fizemos foi o que aprendemos, pois qual de nós teve aula no ensino médio com um professor licenciado em física, acredito se houver será um número mínimo de pessoas. [...]. (L15). [Após a VC – 58ª postagem]

Mas penso, que muitos de nós fizemos isso exatamente por estarmos também acostumados a isso e a passarmos deste modo aos nossos alunos, e mais, não que seja culpa nossa, mas como disse a L12, só estamos seguindo o mesmo modelo que tivemos quando nós éramos alunos do ensino médio. [...] (L11). [Após a VC – 60ª postagem]

Pelo que li no texto [Gil-Pérez et al. (1993)], o professor de física, deve mediar os conhecimentos para seus alunos, de maneira que eles se tornem investigadores em física, tal qual, como os cientistas estudam suas hipóteses. **Este problema proposto para nós foi também um problema fechado, com o qual estamos muito acostumados a trabalhar, deve ser por este motivo que várias pessoas erraram a resposta.** Também tivemos dados prontos no enunciado, e assim, seguimos da maneira como somos acostumados, e como nossos alunos também são. Então, digo que, como professores de física, devemos levar em consideração esta atividade proposta para nossos trabalhos pedagógicos, e também levar em consideração, que devemos fazer nossos alunos pensarem, investigarem os problemas, para não criarem o hábito de resolvê-los mecanicamente (L20). [Após a VC – 62ª postagem]

As falas de L23, L11 e L20 indicam que o modo mecânico de agir está relacionado com sua formação, e quando expostos a situações aparentemente tradicionais se comportam como tal. Segundo Gil-Pérez (1992), esse processo acaba fazendo com que o estudante generalize acriticamente as situações, o que pouco contribui para um ensino significativo. L20 faz uma análise do problema, dizendo que o fato dele ser fechado acabou levando aos erros e parece conscientizar-se de que essa tradição precisa ser repensada para contribuir para o ensino. Dessa

forma não é surpresa que sua fala apresente um descontentamento com certos aspectos tradicionalmente presentes no ensino, e assim gerando a necessidade de rever suas práticas.

Falta de planejamento adequado

Alguns licenciandos influenciados pelos artigos argumentaram que a falta de planejamento na resolução também contribui para os erros, e que se devidamente feito levaria à resolução correta:

[...] acredito que o esquema proposto por Polya para resolver problemas é bem interessante e fundamental para o processo de resolução de problemas na qual os alunos apresentam tanta dificuldade. Segundo Polya: - "Compreensão do problema; - Estabelecimento de um plano; - execução do plano." Sequência bem elaborada mas que não devemos considera-la como única, mas como um caminho que pode ser traçado para facilitar a compreensão e a resolução dos problemas propostos. (L1). [Após a VC - 48ª postagem]

Pois segundo Gil-Perez, “As maiores dificuldades que o desenvolvimento de uma ciência encontra são derivadas de suposições implícitas, aceitas sem nenhum questionamento, escapando assim da crítica. Em tais casos se impõe, como reiteradamente a história a ciência tem mostrado, um replanejamento em profundidade que analise criticamente até o mais óbvio”. A partir da fala de alguns colegas e do texto 1 [Gil-Pérez et al. (1993)], posso dizer que geralmente o que acontece na resolução dos problemas é uma falta de preparação para resolvê-lo, pois como o texto 1 cita, se fizermos um replanejamento na hora de elaborar e de resolver um problema, podemos estar trabalhando com os alunos de uma forma que faça, com que eles pensem no que estão fazendo, não somente resolver a questão porque o exemplo que o professor deu era parecido, que sejam alunos críticos a partir do que estão recebendo para resolver, pois os problemas que os cientistas tem para resolver são reais e não apenas enunciados que

estão presentes nos livros didáticos. [...] (L22).
[Após a VC - 55ª postagem]

Respondendo aos questionamentos considero como sendo possível chegarmos a um resultado com as estratégias apresentadas por L1 das etapas propostas por Polya (apud Karam e Pietrocola, 2009a), porque quando tentamos compreender o problema as variáveis envolvidas, estabelecendo um plano para resolvermos de forma coerente, sem sombras de dúvidas não seríamos induzidos ao erro, ou seja, apesar do enunciado ser pequeno, não resolveríamos sem um plano, uma estratégia, um roteiro para encontrarmos o resultado. (L19).
[Após a VC – 64ª postagem]

Apesar de as falas estarem relacionadas à necessidade de um planejamento de resolução, existem visões diferentes do que seria um planejamento nelas. Gil-Perez et al. (1992) elencam orientações que buscam romper com o processo mecânico de resolução de problemas, mas nada falam sobre o papel que a função matemática possui e como ela poderia ser analisada sob o ponto de vista físico. Questionados se as etapas propostas por Polya seriam suficientes para resolver de maneira correta o problema, alguns licenciandos admitem suma importância delas. Sobre este aspecto é interessante avaliarmos a resposta de L11:

Este trecho do texto 2 [KARAM; PIETROCOLA, 2009a], especifica melhor os passos para a resolução de problemas [cita o trecho do texto que apresenta os passos descritos por Reif et al. (1976)] [...] **penso que se tivéssemos seguido os passos conseguiríamos sim chegar a resposta correta**, pois no primeiro passo ao analisar a situação e identificar as informações, iríamos perceber que a aceleração negativa, significa que o objeto está perdendo velocidade, mas não sempre, em um dado momento, o objeto mudará o sentido do movimento e passará a ganhar velocidade naquele sentido, outra informação que seria analisada, seria a diferença entre o deslocamento e a distância percorrida, sendo este último que o problema pede. E diante disso teríamos que pensar que essa situação de mudança de sentido poderia acontecer nos primeiros 5 segundos, dessa forma,

resolveríamos o problema com os passos corretos [...] (L11). [Após a VC – 60ª postagem]

De fato a análise feita por L11 demonstra que ela está usando a equação para pensar o fenômeno, mas isso não garante que o estudante ao seguir estes passos teria sucesso na resolução do problema proposto como L11 afirma. Karam e Pietrocola (2009a) tecem críticas aos passos mencionados por Reif et al. (1976), pois para estes autores Reif et al. (1976) não menciona ao fato de que o conhecimento físico ser organizado formalmente pela linguagem matemática, e conseqüentemente, em seu papel na resolução do problema. Segundo eles, a maior parte dos problemas tradicionais podem ser resolvidos seguindo esses passos, o que leva a questionarem se isso não é uma forma de justificativa a posteriori ao invés de ligada ao contexto original de resolução de problemas. Nenhum licenciando atentou para o fato de que os passos mostrados por Polya referem-se ao contexto da matemática e os propostos por Reif ao contexto da Física. Além disso, nos questionamos se o passo relacionado a identificação das informações requeridas como mencionado por L11 faria o estudante perceber que poderia haver algum problema na aplicação direta dos tempos. Na verdade nos parece que implicitamente L11 está analisando o problema físico sob o ponto de vista matemático ao utilizar a função matemática para interpretar o comportamento do objeto, pois ele não está analisando apenas os dados, ela está analisando os dados dentro da equação, o que se relaciona com as habilidades estruturantes descritas por Karam e Pietrocola (2009a).

Falta de motivação

Nessa categoria selecionamos justificativas relacionadas a algum tipo de motivação. Por exemplo, para L3, a forma e o contexto com o que o problema é proposto estaria relacionado a motivação.

[...] Na primeira vez que resolvi, eu tinha um sentimento de que estava errado, de que existia algo a ser investigado. E eu investiguei? Não. Por que? ...Imaginem se este problema estivesse num contexto diferente, onde existisse talvez uma nota diretamente ligada ao resultado, ou talvez a resolução de um problema que pudesse me dar um retorno financeiro de R\$100.000,00, tenho certeza que eu e vários colegas nos aproximariam muito da resposta certa. A leitura 1 (Daniel Gil) [Gil-Pérez

et al. (1992)] na página 13, apesar de estar relacionada com a resolução de problemas abertos, mostra como um dos caminhos para a resolução de problemas seria a investigação, o que no meu ver, seria uma abordagem que exigiria de mim mais atenção, mais estudo do problema e por consequência mais recursos, de tempo de ferramentas como figuras, gráficos, softwares, etc. **Resumindo, o erro coletivo na resolução do problema foi basicamente falta de empenho, motivação que nos fizesse resolver com cunho investigativo, devido ao contexto.** Vejam como o professor [...] nos preparou para o problema: "Esta tarefa é apenas para termos um ponto em comum, um objeto em comum para começar a conversa sobre o tema da semana. Resolva individualmente. "Imaginem um outro contexto; "Caros colegas, temos em mãos a equação do movimento das partículas de sólidos da corrente do processo de beneficiamento dos Gás de Xisto que poderá mudar a matriz energética mundial, $e=25+40t - 5t^2$, quando passa pelo Precipitador eletrostático. Caso consigamos interpretá-la poderemos propor o ajuste adequado para esta máquina e teremos um acréscimo em nossa receita mensal em R\$2.000.000,00. Maiores informações contatar o grupo de Otimização...Professor, colegas, brincadeira à parte (uma ponta de verdade), a análise investigativa do problema nos aproximaria da solução correta e uma maior motivação viabilizaria essa análise investigativa (L3). [Após a VC - 74ª postagem]

Realmente L3, se tivéssemos outra motivação, provavelmente a porcentagem de acertos seria bem maior. Concordo com tudo o que você disse. (L23). [Após a VC – 75ª postagem]

Apesar de não mencionado por L3, segundo Gil-Perez (1992, p. 14) “é absolutamente necessário evitar que os alunos se vejam envolvidos no tratamento de uma situação sem ter podido sequer formar uma primeira ideia motivadora”. Nessa perspectiva podemos concordar com L3 que a atividade foi proposta de maneira pouco motivadora, mas propositalmente nesse contexto para fazê-los experienciar as deficiências

da prática tradicional, além de não ser objeto desse trabalho discutir aspectos motivacionais, ou como seria um problema motivador. Segundo Gil-Pérez et al. (1993), uma maior motivação poderia gerar uma atitude mais positiva em relação a resolução de determinado problema. Porém, como mencionado no início desse trabalho, podemos pensar que uma consequência da visão ferramental atribuída à Matemática na Física também pode ser desmotivadora, pois além de não compreenderem a pertinência da Matemática em seu aprendizado, os estudantes podem acabar submetidos a uma prática de ensino quase que exclusivamente centrada nela (ALMEIDA, 2012), em geral associados à resolução mecânica de exercícios para manipulações matemáticas pouco significativas do ponto de vista da compreensão de uma situação real, de um fenômeno.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

5.1 ALGUMAS CONCLUSÕES

Primeiramente é preciso dizer que essa dissertação é fruto da intenção de compreender como diferentes posicionamentos em relação ao papel da Matemática no EF se constituíram em situações de reflexão de licenciandos. Como referenciais teóricos para compreender tais relações e as particularidades que a presença da Matemática assume no EF, nos orientamos na noção de Matemática como estruturante do pensamento físico (PIETROCOLA, 2002; 2010) e na distinção entre habilidades técnicas e estruturais relacionadas à forma como a Matemática pode se fazer presente em contextos de ensino propostas por Karam (2012). Também buscamos nas ideias de Thomas Kuhn uma compreensão sobre o modo como a Matemática aparece na formação de físicos, pois acreditamos que essa forma é em parte responsável pela visão que estudantes de Física de nível superior podem desenvolver durante sua formação, e logo, refletir em suas práticas quando tornarem-se professores.

Para gerar reflexões e discussões sobre o tema com licenciandos foram desenvolvidas duas atividades que constituíram nosso objeto de análise: em umas delas os licenciandos realizaram uma análise de uma aula fictícia elaborada pela equipe docente sobre determinado assunto comumente encontrado em livros destinados ao EM; noutra fomentamos discussões sobre o tema em um fórum por meio de um ambiente virtual. Ambas as atividades foram parte do tema “Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física” de uma disciplina de Metodologia e estiveram subsidiadas por leituras e discussões dos artigos de Gil-Pérez et al. (1992) e Karam e Pietrocola (2009a).

Para analisar a VC nos orientamos pelas categorias propostas por Karam (2012), pois apresentam um espectro de possibilidades relacionadas a estratégias didáticas no ensino dos conhecimentos físicos estruturados matematicamente. Destacamos a impossibilidade de estabelecer uma comparação direta entre as categorias analisadas por este autor e as categorias analisadas nessa pesquisa. Primeiro pelos propósitos de ensino serem completamente diferentes: no caso analisado por Karam (2012) se destinou à formação de cientistas e o caso analisado nessa pesquisa se destinou à formação de professores. Segundo, a análise de Karam (2012) foi realizada em uma disciplina completa de Física, com

um professor (físico) do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, que já havia ministrado a disciplina quinze vezes antes da pesquisa ser realizada e que também havia estudado epistemologia. Já nossa pesquisa foi realizada com licenciandos, ou seja, estudantes em processo de formação.

Feitas essas considerações, podemos apontar algumas diferenças importantes relacionadas a categorização encontrada em nossa análise com relação a categorização apresentada por Karam (2012). Uma comparação entre elas pode dar uma dimensão dessas diferenças. Em seguida apresentamos algumas reflexões com destaque para as condições de produção em relação a elas. A seguir apresentamos uma tabela comparativa.

Quadro 11 - Comparação entre as categorias analisadas por Karam (2012) e as categorias analisadas nessa pesquisa. As linhas marcadas com X correspondem a mesma categoria encontrada. O duplo traço "--" indica que a categoria proposta por Karam (2012) não foi encontrada em nossa análise.

Categorias e subcategorias analisadas por Karam (2012)		Categorias e subcategorias encontradas nessa pesquisa
Matematização	Estruturas Matemáticas	X
	Modelização	X
Interpretação		X
Técnica	Entendimento Conceitual	--
	Manipulação e Autoridade	--
Visual	Pictórico	X
	Gestual	X
Analogia	Formal	--
	Material	Material – Atividade Prática Material – Atividade Mental
Dedução		--
Epistemologia		X
Metacognição		--
--		História da Ciência

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Podemos observar que das categorias propostas por Karam (2012) não foram encontradas em nossa análise as categorias “técnica”, “dedução”, “analogia – formal”, e “metacognição”. Primeiramente, isso

pode ser um efeito da própria natureza da atividade desenvolvida por nós, pois a análise feita pelos licenciandos se deu sobre uma situação fictícia proposta pela equipe docente e não de uma prática efetiva de sala de aula. Dessa forma, seria difícil a análise dos licenciandos contemplar a categoria “metacognição”, pois está intimamente relacionada a interação professor-aluno, por exemplo. Além disso a análise desenvolvida pelos licenciandos foi realizada a partir de uma situação fictícia que representava uma única aula e não sobre um conjunto de aulas, como no caso analisado por Karam (2012). Ou seja, algumas categorias poderiam aparecer em algumas aulas e em outras não, como a própria “metacognição”. Também porque a situação fictícia apresentou uma aula “pronta”, e solicitava que os licenciandos desenvolvessem uma análise no sentido de pensar em estratégias de ensino para auxiliar a compressão sob o ponto de vista relacionado ao formalismo matemático. Ou seja, o formalismo matemático estava colocado, e a análise se daria em como fazer o estudante compreender o que está por trás dele. Dado esse contexto, imaginamos que as categorias “dedução” ou mesmo “técnica” dificilmente seriam encontradas. A categoria “técnica – entendimento conceitual” relaciona a explicações conceituais sobre procedimentos matemáticos até foram observados, mas a explicação não foi puramente sob o ponto de vista matemático, o que caracterizaria essa categoria.

Em contrapartida, nossa análise identificou as categorias:

- Matemática – Estruturas Matemáticas;
- Matemática – Modelização;
- Interpretação;
- Visual – Pictórico;
- Visual – Gestual;
- Epistemologia;
- Analogia – Material,

num sentido similar ao proposto por Karam (2012). Destacamos que a categoria intitulada “Analogia – Material” originalmente proposta por Karam (2012) foi renomeada por nós como “Analogia – Material (atividade mental)” para diferenciá-la de outro tipo de analogia caracterizada por nós, a “Analogia Material – Atividade Prática”.

Dessa forma as categorias “Analogia – Material (atividade prática)”, e “História da Ciência”, emergiram unicamente da análise dessa pesquisa. A categoria “Analogia - Material (atividade prática)” esteve relacionada com a realização atividades práticas/experimentais para

apresentar relações de causa e efeito de forma análoga a estruturação matemática da lei da gravitação. Como argumentamos, essa categoria pode ser efeito de discussões sobre a realização de atividades experimentais no EF que ocorreram na disciplina de Metodologia com base em Borges (2002) e também de discussões sobre atividades experimentais desenvolvidas na disciplina de INPEA A sobre modelização de variáveis.

A categoria “história da ciência” que apareceu das falas dos licenciandos durante a apresentação de suas análises das situações fictícias, foi proposta como forma de explicitar o surgimento das leis físicas como o experimento de Oersted que deu origem à lei para força magnética ou sobre a presença de constantes físicas dentro de teorias estruturadas matematicamente como no caso da constante da gravitação. Destacamos que essa categoria além de ser uma linha de pesquisa em EF indicada na disciplina de Metodologia, num contexto mais imediato pode ser efeito da disciplina de INSPE A onde foram realizadas atividades sobre o tema.

Obtivemos indícios também de que aspectos relacionados a categoria “epistemológico” relacionados a discussões que explicitassem a forma como os físico se utilizam da Matemática para dar sentido a suas ideias, uma vez que dizem respeito ao processo de desenvolvimento de conhecimentos, tiveram influência de disciplinas destinada ao EF como Didática Geral, INSPE A e Metodologia, que buscam discutir sob diferentes perspectivas o processo de construção dos conhecimentos da Física. Isso reflete num importante aspecto da formação de licenciandos, ainda mais quando sabemos que discussões explícitas dessa natureza não são tradicionalmente encontradas em aulas de Física.

Podemos observar em diversos momentos que as questões norteadoras anexadas as situações fictícias propostas vinculadas a leituras dos artigos Gil-Pérez et al. (1992) e Karam e Pietrocola (2009a) consistiram em elementos que promoveram reflexões dos licenciandos a respeito da presença da Matemática na Física e no EF, logo, na aparição das categorias que encontramos, como apresentamos em algumas falas a seguir.

A fala de L3 indica uma abordagem pictórica para responder a questão norteadora 2 (Q2) a partir de Karam e Pietrocola (2009a):

Na leitura 2 [Karam e Pietrocola (2009a)], uma parte que fala sobre modelização, [...], que fala de desenhos, figuras, nós iríamos propor para o primeiro exercício, coisa relativamente simples,

mas seria a necessidade criar uma figura correspondente ao problema respeitando uma escala. [...] Posteriormente, dentro desse mesmo exercício realizar uma pesquisa quanto aos diâmetros e distâncias atualmente aceitas né, fazendo um desenho esquemático. A gente se baseia na leitura 1 [Gil-Pérez et al. (1992)] que fala da questão da resolução de problemas como investigação. (L3 – VC – Metodologia).

A fala a seguir se relaciona a análise de resultados usando casos limites como resposta para as questões norteadoras 2 e 3 (Q2 e Q3), como proposto por Gil-Pérez et al. (1992):

Analisar que é exatamente a parte importante pra ele entender o que tá ocorrendo, o que que ocorre com relação a massa e a distância dentre essas massas. Então se eu analisar quando a distância tende a infinito o que que acontece, quando a distância tende a zero...isso é uma análise de certa forma matemática mas que remete aos conceitos físicos também. [...] (L4 – VC – Metodologia).

A próxima fala se relaciona principalmente com o artigo de Karam e Pietrocola (2009a) que criticam a “falsa” separação entre o caráter físico e matemático na Física, para responder a questão norteadora 4 (Q4).

O que a gente percebeu pelo menos com essa leitura em com as leituras dos textos é que por mais que se queira desvincular a matemática e o conceito isso não é tão possível e tão simples assim, porque mesmo quando eu estou explicando sem a minha equação eu estou utilizando uma lógica matemática, de certa forma algum conceito matemático para explicar é [...]. Os conceitos, os próprios conceitos físicos me parece que já são criados voltados pra essa lógica matemática. Então eu acredito que essa separação não seja tão possível quanto a gente coloca aqui. (L4 – VC – Metodologia).

Já a fala a seguir se relaciona a análise das leis físicas usando casos limites, e também sobre o processo de emissão de hipóteses como

proposto por Gil-Pérez et al. (1992), para responder as questões norteadoras 1 e 2 (Q1 e Q2):

*[...] essas duas partes aqui [Q1 e Q2] a gente analisou fazendo relação com o texto 1. O texto 1 na página 14 aonde ele traz no item 3, ele traz uma ideia [...] que diz assim ó: emitir hipóteses fundamentadas sobre os fatores dos quais podem depender a grandeza buscada e sobre a forma dessa dependência imaginando em particular casos limites de fácil interpretação física. [...]. **Então tu expõe o aluno a situações limites onde ele vai ter que buscar um raciocínio em cima disso.** Ai depois sim tu traz as questões, tu traz o conhecimento matemático [...] para mostrar pra eles [...] aonde é que eles estão pensando de uma maneira certa e aonde é que eles estão pensando de uma maneira errada. (L6 – VC - Metodologia).*

Na fala a seguir L7 parece argumentar a favor da quantificação a partir de um trecho de Pozo e Crespo (1998) citado por Karam e Pietrocola (2009a) quando busca responder a questão norteadora 3 (Q3), mas parece não perceber que na verdade os autores estão criticando a ideia.

Até no texto 2 tem uma parte que eu achei interessante aqui, eu queria até comentar, aonde ele fala da quantificação ali, de uma supervalorização da quantificação [...] diz assim: “[...] A quantificação, por sua vez, permite estabelecer relações simples entre as diversas magnitudes científicas, o que facilita a compreensão das leis da natureza (POZO; CRESPO, 1998, p.80 apud KARAM; PIETROCOLA, 2009a, p. 188) Ou seja, como eu falei aqui antes, a gente vai pensar primeiro na força, qual que é mais forte? A Terra e o Sol ou a Terra e a Lua? Qual a interação mais forte? Com certeza inicialmente poderiam errar, mas eles não saberiam dizer especificamente o modo dessa força. Mas tendo o valor da massa da Terra, da massa da Lua e tendo a distância entre a Terra e a Lua e a Terra e o Sol, eles poderiam calcular e saber, [...]]. (L7 – VC – Metodologia).

A fala a seguir aponta para uma reflexão a partir das ideias discutidas por Karam e Pietrocola (2009a) sobre a própria forma de analisar o exercício proposto no fórum como possível causa para os erros relacionados a resolução mecânica do mesmo.

Não conseguimos desenvolver habilidades estruturantes, ou seja, não tivemos "capacidade de fazer um uso organizacional da Matemática em domínios externos a ela" (KARAM; PIETROCOLA, 2009a, p. 194). Isso avaliando o meu erro quanto ao problema e o erro dos demais colegas [...]. [...] (L6– fórum Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física).

A próxima fala apresenta uma resposta para as questões norteadoras 1 e 2 (Q1 e Q2) baseada nas ideias de Karam e Pietrocola (2009a) em que argumentam sobre como justificar a presença de determinadas estruturas matemáticas na representação de fenômenos físicos.

Bom, eu achei uma parte do texto do Ricardo Avelar e do Mauricio [Karam e Pietrocola (2009a)], que fala sobre as relações trigonométricas e as funções trigonométricas. [...] E o professor ainda poderia melhorar essa explicação, ou seja, clarear mais para o aluno a relação do seno sem usar tanto a relação trigonométrica explicando para ele o conceito físico, [...] (L12 – VC – Metodologia).

A fala seguir cita a utilização de problemas abertos propostos por Gil-Pérez et al. (1992) como uma solução para romper com o processo de resolução mecânica para responder a questão norteadora 3 (Q3).

Exercícios que tem essa característica de romper o método mecânico e matemático são problemas abertos, que segundo o texto [...] [Gil-Pérez et al. (1992)] diz que a inclusão dos dados no enunciado obriga o aluno a buscar equações que relacionem esses dados em equações matemáticas e assim caem num operativismo. [...] (L11 – VC – Metodologia).

Também podemos apontar reflexões propiciadas pelas atividades desenvolvidas em falas que apresentam um posicionamento sobre o papel da Matemática na Física e em seu ensino, quando L12 busca responder a questão norteadora 4 (Q4):

Na verdade a Matemática ela é uma ferramenta da Física e não parte importante no Ensino de Física. Então eu achei uma parte na página 194 do mesmo artigo do Ricardo Avelar [Karam e Pietrocola (2009a)] que diz assim: o Ensino de Física deveria dar aos estudantes uma visão da natureza da Física como uma atividade de modelização treinando-os para que se tornem capazes de construir e interpretar modelos. Então na verdade o ensino deveria de dar essa visão para o aluno, e não simplesmente a Matemática pela Matemática e sim a Matemática pela Física. (L12 – VC – Metodologia).

Ou seja, aspectos relacionados a presença da Matemática na Física e em seu ensino e também sobre possíveis práticas relacionadas a resolução de problemas foram problematizadas proporcionando assim momentos de reflexão através das leituras indicadas e nas atividades realizadas.

No que diz respeito a presença da Matemática no EF, os licenciandos foram unânimes em dizer que a Matemática não poderia ser completamente excluída das aulas. Mas o mesmo não pode ser dito sobre as justificativas apresentadas. Alguns afirmaram que a Matemática seria de alguma forma essencial a ponto de argumentar que o próprio entendimento do fenômeno seria prejudicado, ou mesmo que o próprio raciocínio físico é de alguma forma matemático, em afirmações como:

[...] a própria compreensão do fenômeno nos parece que vai ficar comprometida quando a gente retira completamente a matemática, a equação, e trata só o conceito; e também a gente perderia a oportunidade de aproximar, mesmo que de forma superficial, o aluno das ferramentas utilizadas para a construção desse conhecimento. (L3 – VC – Metodologia).

[...] por mais que se queira desvincular a matemática e o conceito isso não é tão possível e tão simples assim, porque mesmo quando eu estou explicando sem a minha equação eu estou utilizando uma lógica matemática [...]. Então, de um certo modo tá implícito essa matemática mesmo no conceito. [...] os próprios conceitos físicos me parece que já são criados voltados pra essa lógica matemática. Então eu acredito que essa separação não seja tão possível quanto a gente coloca aqui. (L4 – VC – Metodologia)

Sinceramente professor, não sou a favor da desmatematização da Física para ensino médio. [...]. Física e Matemática são indissolúveis e é um erro privar o aluno disso. Ele deve descobrir como as duas interagem pois é aí que está a beleza dessa ciência. (L6 – fórum Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física – Metodologia).

Segundo o texto lido [Karam e Pietrocola (2009a)], não existe somente análise matemática ou análise puramente conceitual pois tem por consequência um enfraquecimento de ambas, tanto da Matemática como da Física. A chave para resolução é uma análise em conjunto. Nenhuma das ciências existe isoladamente. Logo, nas resoluções de problemas, uma é dependente da outra. O que significa que solucionar um problema de forma apenas conceitual ou apenas numérica seria uma forma incompleta de resposta. (Grupo F – Tarefa 1 - Metodologia).

Mas não poderia ser tirada totalmente a parte matemática, uma vez que a Matemática é a linguagem da física por excelência. (Grupo G – Tarefa 1 - Metodologia).

o que aponta para um entendimento da matemática como estruturante do pensamento físico. Outros apresentaram mais dificuldades para expressar um posicionamento em relação ao papel da Matemática no EF que não recaísse em uma visão mais instrumental, em afirmações como:

[...] mas após eu vejo assim, que não tem como deixar a Matemática, você não consegue. Então [...] você vai [...] ter que dar uma aplicação real [...]. [...] qual a função da matemática? Realmente é preparar para a área das exatas de forma que tenha aplicação. (L9 – VC - Metodologia).

Essa parte na nossa concepção com certeza seria possível [refere-se a possibilidade de trabalhar apenas de maneira conceitual no ensino sem usar a Matemática], até pela analogia que L11 fez no exercício, e ainda achamos uma parte no texto que faz essa relação. Na verdade a Matemática ela é uma ferramenta da Física e não parte importante no Ensino de Física. [...] (L12 – VC - Metodologia).

Apesar disso no contexto de nossa pesquisa não podemos afirmar que os grupos em que as justificativas para a Matemática na Física apontaram na direção instrumental tiveram uma tendência maior em sua análise das situações fictícias de obter resultados quantitativos, enquanto que quem apontou posicionamentos na direção de linguagem estruturante da Física teve maior tendência a privilegiar o entendimento físico relacionado a estruturação matemática das leis físicas.

Já ao analisarmos o fórum, buscamos compreender quais justificativas os licenciandos apontaram para o fato de todos terem resolvido o problema proposto de maneira mecânica, apresentando resultados errados. Dado que o fórum ocorreu após a VC e que as reflexões foram amadurecendo durante as três semanas de sua realização, nosso objetivo maior foi investigar se os licenciandos levantavam sua própria postura em relação a análise matemática na resolução relacionada ao fenômeno envolvido no exercício proposto, como causa da resolução mecânica. Dessa forma organizamos as reflexões produzidas por eles em seis categorias: “falta de clareza conceitual das grandezas envolvidas”; “falta de pensamento físico”; “problemas no enunciado”; “problema na formação”; “falta de planejamento adequado”; e “motivação”. Além de apontarmos alguns aspectos relacionados ao contexto que influenciaram as ideias dos licenciandos, apenas um deles argumentou de maneira explícita que a forma de encarar a resolução de problemas foi responsável pela resolução mecânica: “[...] primeiro não analisamos e não interpretamos a equação

matemática em si, como função matemática, suas variáveis dependentes e independentes e depois faltou análise física dessa função matemática [...]” (L6), relacionada à categoria “falta de pensamento físico”. Tal posicionamento, em contraste com as demais categorias, evidencia numa visão kuhniiana, o controle que uma formação paradigmática pode exercer na interpretação dos sentidos diante da doutrinação em que os cientistas são expostos para dar continuidade ao empreendimento científico, o que em parte, como argumentamos, está relacionado às visões reducionistas a respeito do papel da Matemática na Física, pelo menos no que tange à sua formação inicial.

5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como argumentamos ao longo da dissertação, um dos problemas relacionados ao ensino da Física está no fato dela ser estruturada por meio da linguagem matemática, mas esse aspecto parece ser pouco explorado explicitamente em aulas de Física. Muitas vezes o EF se resume a práticas relacionadas a apresentação de conceitos, leis e fórmulas privilegiando o operativismo matemático com pouco espaço para a significação do ponto de vista físico, ou mesmo para discussões sobre o própria maneira física de dar sentido ao mundo como apontado por autores como Almeida (2004). Nesse contexto, partindo do pressuposto de que muitas vezes a Matemática é vista como uma simples ferramenta da Física tivemos como objetivo investigar como diferentes posicionamentos em relação ao papel da Matemática no EF poderiam se constituir em situações de reflexão de licenciandos. Para isso desenvolvemos atividades dentro de um tópico de ensino em uma disciplina de Metodologia de um curso de Licenciatura em Física a distância onde os licenciandos foram levados a discutir sobre o tema tomando como base artigos da literatura da área de pesquisa em EF. As atividades consistiram no desenvolvimento uma análise de situações fictícias de sala de aula apresentadas em uma VC pelos licenciandos e também em discussões desenvolvidas por meio de um fórum no ambiente virtual da disciplina. Essas duas atividades proveram os dados para a realização dessa pesquisa.

A dissertação foi organizada em quatro capítulos. O capítulo 1 é fundamental para nos dar um entendimento sobre as relações entre a Matemática e a Física na visão cientistas, em uma perspectiva histórica e também epistemológica. Essa perspectiva nos permitiu compreender que a Matemática está longe de ser uma ferramenta que os físicos possam prescindir. Analisando os ícones físico-matemáticos apresentados por Boniolo e Budinich (2005) pudemos observar que existem complexas

relações entre as teorias físicas e a Matemática, e compreender o quão equivocado pode ser considerar uma teoria física em uma parte Física e outra Matemática. A reflexão proveniente do capítulo 1 nos fez levantar algumas questões: se a Matemática é mais do que um simples instrumento para o físico, como podemos compreendê-la se estamos interessados no EF? Como essa compreensão poderia subsidiar práticas diferenciadas de ensino? Em se tratando da formação de professores, quais motivos além dos já apresentados podem estar relacionados à propagação da visão reducionista (ferramental) sobre a Matemática na Física? Como poderíamos compor subsídios para superá-las?

Respostas para essas perguntas foram esboçadas no capítulo 2. Argumentamos através das ideias de autores como Pietrocola (2002) e Karam (2012) que a Matemática é uma linguagem estruturante da Física e que a habilidade de apreender teoricamente o real por meio de estruturas matemáticas não é nata e exige conhecimentos diferentes daqueles relacionados ao domínio de conhecimentos de natureza matemática. Dessa forma nos pautamos na diferenciação entre habilidades técnicas e estruturais proposta por Karam (2012) para analisar como situações de ensino levaram licenciandos a refletir sobre a presença da Matemática no EF. Apresentamos também uma análise kuhniiana sobre a forma como a Matemática está presente na formação do físico, o que nos proporcionou destacar alguns aspectos relacionados a essa formação que podem estar associados à propagação de visões reducionistas acerca do papel da Matemática na Física. Argumentamos que o fato da formação do cientista se dar por meio de exemplares por um processo tácito, onde a relação Física – Matemática não ficaria completamente explicitada, poderia levar a visões reducionistas a respeito da presença da Matemática na Física.

Nessa investigação pudemos observar que quando licenciandos foram solicitados a analisar práticas de ensino no sentido de auxiliar estudantes a compreenderem o que está por trás da estruturação matemática das teorias, ou seja, seu sentido físico, eles apresentaram importantes estratégias que poderiam ser usadas para tal, como discussões epistemológicas, história da ciência, analogias materiais relacionadas a atividades práticas e mentais, representações gestuais e pictóricas, além de discussões sobre o próprio processo de matematização das teorias. Percebemos que tais estratégias tiveram uma íntima ligação com o contexto de produção das discussões, tendo influências de outras disciplinas do curso e mesmo das atividades desenvolvidas no tópico de ensino, como a leitura dos artigos da área de EF e a análise das situações fictícias propostas ligas as questões norteadoras.

Observamos ainda que alguns licenciandos tiveram mais dificuldades para justificar a presença da Matemática na Física e em seu ensino, muitas vezes reduzindo ela a um instrumento quantificador. Mas houve também licenciandos que apresentaram um entendimento a respeito do papel da Matemática na Física na direção de linguagem estruturante, no sentido de que a Matemática seria como um instrumento de pensamento, de construção e análise do fenômeno.

Nesse contexto nos questionamos: quando futuros professores são submetidos a práticas quase que exclusivamente centradas na dedução de expressões e obtenção de resultados quantitativos, qual concepção se poderia ter sobre o papel desempenhado pela Matemática na Física? Qual concepção estaria subjacente em seu discurso didático? Se muitas vezes professores não têm clareza sobre o processo pelo qual os físicos elaboram suas teorias estruturadas por meio da linguagem Matemática, também porque não lhes é devidamente explicitado, discutido, resta a eles apresentá-las como produtos prontos e acabados, onde seria delegado à Matemática quando muito a função de descrever, deduzir e quantificar um conhecimento que é proveniente de outro mundo, o Físico.

Mesmo depois de todas as reflexões desenvolvidas no fórum, observamos que apenas um licenciando relacionou de maneira explícita a causa para os erros com a forma de analisar equações matemáticas que representam fenômenos físicos. A própria forma como as discussões foram conduzidas pela equipe docente se mostrou deficiente em alguns aspectos, pois a retomada de alguns pontos levantados pelos licenciandos seria fundamental para aprofundar as discussões, como:

- Discussões sobre problemas abertos *versus* problemas fechados, e sobre o próprio papel da resolução de problemas, sejam abertos ou fechados, no EF de nível médio. Esse tipo de discussão parece fundamental para problematizar possíveis práticas de ensino, dado que a própria formação a que os físicos estão submetidos é caracterizada pela resolução de problemas exemplares;
- Discussões sobre a possibilidade da existência da “falsa” dicotomia entre explicação/entendimento conceitual *versus* explicação/entendimento matemático. Como argumentado por Boniolo e Budinich (2005) as teorias físicas são signos físico-matemáticos em sua formulação. Esse aspecto não pareceu claro para todos os licenciandos.
- Discussões sobre a explicitação de aspectos implícitos durante a resolução de problemas sobre o que torna possível o estudo dos fenômenos físicos por meio da linguagem matemática, como: a

identificação de parâmetros relevantes relacionados ao exercício/exemplar; como esses parâmetros estão relacionados; o que eles representam; do que dependem; qual sua natureza; qual(is) situação(ões) real (is) o exemplar ou problema pode representar, entre outros;

Reiteramos a importância do desenvolvimento discussões explícitas que possam levar futuros professores a tomar consciência de: que a presença da Matemática na Física está muito além da simples quantificação e descrição de fenômenos; que a Matemática enquanto estruturante da forma física de compreender mundo é uma linguagem com características próprias de dar sentido a ele; que no contexto da Física a Matemática assume características particulares, pois representam grandezas físicas que dizem algo a respeito do mundo; que o domínio de conhecimentos matemáticos não é suficiente para compreender a Física; que as leis físicas são fruto de um processo complexo situado em determinado contexto histórico; que as leis físicas são produtos de um processo desenvolvido por humanos, logo, suscetível a falhas; que o processo de significação de conceitos físicos não se dá somente pela apresentação de aplicação de modelos prontos de modo automático e evidente a todos os estudantes; que no ensino básico a presença da Matemática na Física muitas vezes acaba sendo um fator que limita e muitas vezes exclui o acesso de alunos ao conhecimentos físicos.

Em nossa pesquisa podemos observar que alguns dos aspectos listados acima tiveram presentes nas reflexões dos licenciandos. Ressaltamos sobre a relevância de desenvolver discussões explícitas sobre as relações entre a Matemática e a Física não só em disciplinas específicas do conhecimentos físico, mas também e disciplinas destinadas a formação de professores, dado que existem pesquisas da área de ensino sobre o tema. Como pudemos observar, as reflexões dos licenciandos foram possíveis, pois foi criado determinado contexto para que elas pudessem se desenvolver.

Indicamos também que não defendemos que o EF em nível básico deva sempre fazer referência às estruturas Matemáticas relacionada às teorias. Mas não se pode esquecer que a própria natureza do conhecimento Físico é matemático, ou melhor, estruturado por meio da linguagem matemática. Logo, fugir do caráter matemático da Física é transmitir uma visão equivocada sobre a própria natureza da Física enquanto forma de conhecimento. Mas isso não invalida a presença de outras linguagens para das sentido as ideias da Física, como a comum (verbal). Dessa forma, nossas reflexões vêm ao encontro de contribuir

para (re)pensar em possíveis práticas que podem se desenvolver a respeito da presença da Matemática na Física em aulas de Física do nível básico, e porque não, na medida do possível, do nível superior.

REFERÊNCIAS

ANGELL, C.; KIND, P. M.; HENRIKSEN, E. K.; GUTTERSUD, O. An empirical-mathematical modelling approach to upper secondary physics. **Physics Education**, v. 43, n. 3, p. 256-264, 2008.

ALMEIDA, M. J. P. M. de. Linguagens comum e matemática em funcionamento no Ensino de Física. **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências** - ENPEC, Valinhos-São Paulo, 1999.

ALMEIDA, M. J. P. M. de. Discursos originais de cientistas na mediação do fazer científico. **II Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição**: reflexões para o ensino. Belo Horizonte. 2003. Disponível em <
<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL119.pdf>>. Acesso em: jan. de 2014.

ALMEIDA, M. J. P. M. **Discursos da ciência e da escola**: ideologia e leituras possíveis. Campinas, SP: Mercado das Letras, 2004.

ALMEIDA, M. J. P. M. de. O imaginário de estudantes de licenciatura sobre exercícios em aulas de física. **Nuances: estudos sobre Educação**. Ano XVIII, v. 22, n. 23, p. 58-72, mai./ago. 2012.

ALMEIDA, M. J. P. M. de. A relevância das linguagens matemática e comum na produção e ensino da física. **XX Simpósio Nacional de Ensino de Física** – SNEF, São Paulo-SP, 2013.

ATAÍDE, A. R. **O papel da matemática na compreensão de conceitos e resolução de problemas de termodinâmica**. Tese, Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, 2012.

ATAÍDE, A. R. P. de; GRECA, I. M. Estudo exploratório sobre as relações entre conhecimento conceitual, domínio de técnicas matemáticas e resolução de problemas em estudantes de Licenciatura em Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** v. 12, Nº 1, 209-233, 2013.

BAGNO, E.; BERGER, H.; BAT-SHEVA, E. Meeting the challenge of students' understanding of formulae in high-school physics: a learning tool. **Physics Education**, v. 43, n. 1, p. 75-82, 2008.

BASTOS, B. L. G. B.; BASTOS FILHO, J. B.; Conflito entre escolas de pensamento da matemática: Exploração de potencialidades para a melhoria dos ensinamentos da matemática e da Física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.8, n.1, p. 53-90, 2003.

BERNARDO, F. L.; MANNRICH, J. P.; BATISTA, A. **A Modelização em um Projeto Temático de Física à Luz de Mario Bunge**. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Águas de Lindóia, 2013.

BING, T.; REDISH, E. F. Analyzing Problem Solving Using Math in Physics: Epistemological Framing via Warrants. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, v. 5, n. 2, 020108, p. 1-15, 2009.

BIRD, A. Kuhn's wrong turning. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 33, 2002, p. 443-463.

BONIOLO, G.; BUDINICH, P.; The Role of Mathematics in Physical Sciences and Dirac's Methodological Revolution. In BONIOLO, G.; BUDINICH, P.; TROBOK, M. (Eds.) **The Role of Mathematics in Physical Sciences: Interdisciplinary and Philosophical Aspects**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 75-96.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM)**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, 1999. Disponível em < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> >. Último acesso: 12 de agosto de 2013.

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

CARDOSO, D. e GURGEL, I. A complementaridade das linguagens narrativas e matemática no contexto da gestação da Relatividade Geral. **XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**, São Paulo-SP, 2013.

CHALMERS, A. S. **O que é ciência afinal?** Ed. 1. São Paulo: Brasiliense, 1993.

CROUCH, R.; HAINES, C. Mathematical modeling: Transitions between the real world and the mathematical model. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 197-206, 2004.

CUSTÓDIO, J. F. **Explicando explicações na educação científica: domínio cognitivo, status afetivo e sentimento de entendimento.** Tese de Doutorado. Florianópolis: PPGECT/UFSC, 2007.

DIRAC, P. A. M. **The Relation Between Mathematics in Physics.** Lecture delivered on presentation of the JAMES SCOTT prize, February 6, 1939. Published in: Proceedings of the Royal Society (Edinburgh) Vol. 59, 1938-39, Part II pp. 122-129. Disponível em < <http://www.damtp.cam.ac.uk/events/strings02/dirac/speech.html> >. Último acesso em setembro de 2013.

DIRAC, P. Theory of electrons and positrons (1933). **Nobel Lectures, Physics 1922-1941**, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1965. Disponível em < http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1933/dirac-lecture.pdf >. Último acesso em janeiro de 2014.

ENGELBRECHT, J.; HARDING, A.; DuPREEZ, J. Long-term retention of basic mathematical knowledge and skills with engineering students. **European Journal of Engineering Education**, v. 32, n. 6, p. 735-744, 2007.

FEYNMAN, R. **Sobre as Leis da Física.** Tradução de Marcel Novaes. Rio de Janeiro: Contraponto. Ed. 1. PUC-RIO, 2012.

FEYNMAN, R. P.; GOTTLIEB, M. A.; LEIGHTON, R. **Dicas de física de Feynman:** suplemento para a resolução de problemas do Lectures on Physics. Tradução José Eduardo Padilha de Sousa. Porto Alegre, Bookman, 2008a. 176 p.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física de Feynman.** v. 2. Porto Alegre: Bookman, 2008b.

GIL-PÉREZ, D.; MARTINEZ-TORREGROSA, J.; RAMIREZ, L.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFARD, M.; CARVALHO, A. M. P. Questionando a didática da resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 1, p. 7-19, abr. 1992.

GINGRAS, Y. What did mathematics do to physics? **History of Science**, v. 39, p. 383-416, 2001.

HAMMES, O.; SCHUHMACHER, E. O Plano Inclinado: Uma Atividade de Modelização Matemática. **Experiências em Ensino de Ciências – v6(2)**, p. 66-85, 2011.

HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics. **American Journal of Physics**, v.55, n.5, p. 440-454, 1987.

HUDSON, H. T. ; McINTIRE, W. R., Correlation between mathematical skills and success in physics, **American Journal of Physics**, v. 45, n.5, p. 470-471, 1977.

IZSAK, A. Students' Coordination of Knowledge When Learning to Model Physical Situations; **Cognition and Instruction**, v. 22, n. 1, p. 81-128, 2004.

KARAM, R. A. S. M. **Estruturação matemática do pensamento físico no ensino**: uma ferramenta teórica para analisar abordagens didáticas. Tese, Faculdade de Educação, USP, 2012.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Habilidades Técnicas *versus* Habilidades Estruturantes: Resolução de Problemas e o Papel da Matemática como Estruturante do Pensamento Físico. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p.181-205, 2009a.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. **Discussão das relações entre Matemática e Física no ensino de reatividade: um estudo de caso**. Trabalho apresentado no VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - ENPEC, Florianópolis-Brasil, 2009b.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Resolução de problemas e o papel da matemática como estruturante do pensamento físico. In: **XVIII**

Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009, Vitória. Anais ...Vitória: SBF, 2009a.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Formalização matemática X Física moderna no ensino médio: É possível solucionar esse impasse? In: **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2008, Curitiba. Anais ...Curitiba: SBF, 2008.

KARAM, R. A. S. Matemática como estruturante e física como motivação: uma análise de concepções sobre as relações entre matemática e física. In: **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2007, Florianópolis. Anais ...Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2011a.

KUHN, T. S. **O caminho desde a estrutura**. São Paulo: Editora da Unesp, 2006.

KUHN, T. S. **Tensão Essencial**. São Paulo: Unesp, 2011b.

LAKOFF, G.; JOHNSON, M. **Metáforas da vida cotidiana**. São Paulo: Mercado das Letras, 2002.

LÉVY-LEBLOND, Jean-Marc. **O pensar e a prática da ciência**. Tradução Maria Lucia Panzoldo. Bauru: EDUSC, 2004.

LOZANO, S. R.; CARDENAS, M. Some learning problems concerning the use of symbolic language in physics, **Science & Education**, v.11, p. 589-599, 2002.

LUDKE, A; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo, EPU, 1986.

MACHADO, J. A compreensão de licenciados em física sobre modelos e modelização. In: Mortimer, E. F.. (Org.). Anais do VII ENPEC-**Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências**. 1 ed. Florianópolis: Ed. Santa Catarina - SC: ABRAPEC,v. 1, p. 1-12, 2009.

MANNRICH, J. P.; SILVA, H. C. Reflexões de Licenciandos em Física sobre a Linguagem Matemática no Ensino de Física. In: **IX Encontro**

Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Águas de Lindóia, 2013.

MARTINEZ-LUACES, V. Engaging secondary school and university teachers in modelling: some experiences in South American countries. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, v. 36, n. 2-3, p.193-205, 2005.

MARTINEZ-TORREGROSSA, J.; LÓPEZ-GAY, R.; GRAS-MARTI, A. Mathematics in physics education: scanning historical evolution of the differential to find a more appropriate model for teaching differential calculus in physics. **Science & Education**, v.15, p.447-462, 2006.

MINAYO, M.C.S. (Org.). **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 31 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

NUSSENZVEIG, h. M. **Curso de Física Básica** – vol. 1, 4 ed. São Paulo, SP: Editora Blucher, 2002.

OSTERMAN, F. **A Epistemologia de Kuhn**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 13, n. 3. 1996.

PEDUZZI, O. Q. **Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação newtoniana**. 128 p. Publicação interna do Departamento de Física. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

PEDUZZI, O. Q. **A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica**. 224 p. Publicação interna do Departamento de Física. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

PEDUZZI, O. Q. **Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu....** 104 p. Publicação interna do Departamento de Física. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

PEDUZZI, L.O.Q. (1997) Sobre a resolução de problemas no ensino da física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 14(3), 229-253.

PIETROCOLA, M. **A Matemática como estruturante do conhecimento físico**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

PIETROCOLA, M. Mathematics as structural language of physical thought. In: VICENTINI, M.; SASSI, E. (Ed.) **Connecting Research in Physics Education with Teacher Education**. New Delhi: Angus & Grapher Publishers, v. 2, p. 35-48, 2010.

PINHEIRO, T.F.; PINHO-ALVES, J.; PIETROCOLA, M. **Modelização de variáveis**: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PINHEIRO, T. F. (1996). Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula da 1ª série do 2º grau e a ciência dos cientistas: uma discussão. In ALVES-FILHO, J. de P.; PINHEIRO, T. de F. **Instrumentação para o Ensino de Física A**. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2010.

POINCARÉ, H. **O Valor da Ciência**. Tradução Maria Helena Franco Martins. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995. 173 p.

READ, R. Kuhn: a Wittgenstein of the sciences? **UEA Papers in Philosophy**, 15, 2004.

REED, S. K., Does Unit Analysis Help Students Construct Equations? **Cognition and Instruction**, v. 24, n.3, 341-366, 2006.

REDISH, E., **Problem Solving And The Use Of Math In Physics Courses**. Invited Talk Presented At The Conference, World View On Physics Education in 2005: Focusing on Change. Nova Delhi, 2005. Disponível em <<http://arxiv.org/pdf/physics/0608268.pdf>>. Último acesso: setembro de 2013.

ROMER, R. H., Reading the equations and confronting the phenomena – The delights and dilemmas of physics teaching. **American Journal of Physics**. v. 61, n. 2, p. 128 -142, 1993.

ROWLAND, D.R.; JOVANOSKI, Z. Students interpretations of the terms in first-order ordinary differential equations in modeling contexts, **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, v. 35, n.4, 503-516, 2004.

SHERIN, B. L. How students understand physics equations. **Cognition and Instruction**, v. 19, n. 4, p. 479–541, 2001.

SILVA, H. C.; MANNRICH, J. P. **Kuhn e a linguagem matemática na Física**: contribuições para seu ensino. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 2013, Águas de Lindóia. Caderno de atas do IX Enpec (2013), 2013.

SILVA, C. C.; PIETROCOLA, M. **O papel estruturante da matemática na teoria eletromagnética**: um estudo histórico e suas implicações didáticas. In: IV ENCONTRONACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2003, Bauru. Anais ...Bauru: ABRAPEC, 2003.

SCHILLER, J. **Ser Tutor: percepções de sua prática**. Dissertação no Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica, 2011. Disponível em < <http://www.tede.ufsc.br/teses/PECT0148-D.pdf> >. Último acesso: fevereiro de 2014.

TAVES; F. de F; MARTARELLO; W. & SANTOS, V. M. dos. **Correndo de Fórmula 1**. Projeto Temático desenvolvido para a Disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física B do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. 43 p.

TUMINARO, J.; REDISH, E. F. Elements of a cognitive model of physics problem solving: Epistemic Games. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, v. 3, n.2, 020101, p. 1-22, 2007.

UHDEN*, O.; KARAM*, R.; PIETROCOLA, M.; POSPIECH, G. **Modelling mathematical reasoning in physics education**. Publicado online em 20 de outubro de 2011 na Science & Education. * Ambos os autores contribuíram igualmente.

VIZCAÍNO, D.; TERRAZZAN. E. A. **Na busca do significado da matemática no Ensino de Física**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências – ENPEC. Campinas – São Paulo, 2011. Disponível em < <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0339-2.pdf> >. Último acesso: agosto de 2013.

WERLANG, R. B.; SILVEIRA, L. S. A física dos pneumáticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 614-627, dez. 2013. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/2175-7941.2013v30n3p614/25605>>. Último acesso: fevereiro de 2014.

WIGNER, E. P. **The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences**. In Communications in Pure and Applied Mathematics, v. 13, n. 1, p. 1 – 14, 1960. New York: John Wiley & Sons, Inc. Disponível em <http://www.ipod.org.uk/reality/reality_wigner.pdf> Último acesso: fevereiro de 2012.

ZYLBERSZTAJN, A. Revoluções científicas e ciência normal na sala de aula. In: Moreira, M. A. e Axt, R. **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991, p. 47-61.

ZYLBERSZTAJN, A. Resolução de problemas: uma perspectiva kuhniana. In: **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências** – ENPEC, Atas(CD-ROM). Florianópolis, 26 a 30 de outubro, 1998.

ANEXO I

Curso de Licenciatura em Física a Distância
Disciplina: Metodologia e Prática do Ensino de Física
Semestre:

Professor:
Tutores:

Videoconferência

Instruções: Cada grupo deverá ler as duas situações descritas abaixo e analisar uma na atividade tutor (ver tabela com os grupos), sendo que cada grupo terá até 15 minutos para apresentar sua análise na VC. Após a VC, cada grupo deverá entregar sua análise digitada (entre 1 e 3 páginas), juntamente com um questionamento sobre a apresentação de cada um dos outros grupos pela ferramenta **tarefa 2** até segunda-feira (10/12). O questionamento deve estar ligado com as perguntas norteadoras da respectiva situação.

Critérios de avaliação da apresentação:

- Relação com as leituras [Gil-Perez et al (1992); Karam e Pietrocola (2009a)];
- Apresentação clara e coerente com os questionamentos propostos;
- Coerência do questionamento feito sobre a análise dos demais grupos;

DIVISÃO DE GRUPOS E SITUAÇÕES

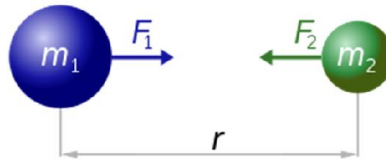
* O grupo deverá apresentar a análise da situação que está indicada nesta tabela.

POLO 1 - GRUPO A - SITUAÇÃO 1	L5 (polo 5*); L1; L2; L14
POLO 2A - GRUPO B - SITUAÇÃO 1	L3; L15; L4
POLO 3 - GRUPO C - SITUAÇÃO 1	L8; L7; L6
POLO 2B - GRUPO D - SITUAÇÃO 2	L16; L9; L17
POLO 3 - GRUPO E - SITUAÇÃO 2	L11; L12; L10; L13
POLO 4A - GRUPO F - SITUAÇÃO 1	L18; L19; L20; L21
POLO 4B - GRUPO G - SITUAÇÃO 2	L22; L23; L24

* Havia apenas 1 licenciando estudando no polo 5 que formou grupo com o polo 1.

Situação 1

Em determinada aula do ensino médio, o professor está abordando o assunto de Gravitação Universal. Seguindo a sequência no livro didático, o professor explica que Newton, ao estudar o movimento da Lua, concluiu que a força que a mantém em órbita é do mesmo tipo da força que a Terra exerce sobre um corpo colocado nas suas proximidades, chamando estas forças de gravitacionais. Após a explanação, o professor apresenta a seguinte definição: *Dois corpos atraem-se com forças proporcionais a suas massas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre seus centros.* Em seguida, faz um desenho esquemático que representa a definição e apresenta a lei matemática que expressa a gravitação universal escrevendo no quadro o que significam as letras que aparecem na equação e no desenho.



$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

- m_1 e m_2 são as massas;
- G é a constante de gravitação universal, que não depende dos corpos, do meio que os envolve nem da distância entre eles. No SI $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$;
- r é a distância entre os centros dos dois corpos;
- F é a intensidade da força gravitacional;

Como finalização da aula, o professor resolve o seguinte exercício como exemplo: Dois pontos materiais de massa $m_1 = 2 \text{ kg}$ e $m_2 = 8 \text{ kg}$ estão localizados a uma distância de 4 metros um do outro. Determine a intensidade da força gravitacional entre eles, sabendo-se que $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

Após chegar ao resultado, o professor passa os seguintes exercícios para os estudantes fazerem:

1 – Calcule a intensidade da força gravitacional da Terra sobre a Lua sabendo que: massa da Terra = $6 \times 10^{24} \text{ Kg}$, massa da Lua = $\frac{3}{4} \times 10^{23} \text{ kg}$, distância centro da Terra ao centro da Lua = $3,84 \times 10^8 \text{ m}$ e $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$.

2 – Dois corpos idênticos, de mesma massa, situados a 20 metros de distância um do outro, atraem-se gravitacionalmente com força de intensidade $1,675 \times 10^{-3} \text{ N}$. Determine a massa desses corpos. Considere $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$.

3 – Um corpo de massa m é atraído, quando colocado na superfície da terra, por uma força gravitacional de intensidade F . Determine a intensidade da força gravitacional sobre esse corpo quando levado sobre a superfície de um planeta de forma esférica cuja massa é oito vezes maior que a da Terra e cujo raio é quatro vezes maior que o terrestre.

4 – A massa da lua pode ser admitida como $1/81$ da massa da Terra. Sendo d a distância entre a Terra e a Lua, a que distância da Terra deve ser colocada um corpo entre os dois astros de modo que a resultante das forças gravitacionais agentes no corpo seja nula?

Após poucos minutos a maioria dos alunos resolveram o primeiro problema chegando ao resultado correto. Os demais problemas ficaram como tarefa de casa.

Questões norteadoras:

Q1 - Durante a explicação da lei matemática para a gravitação, como o professor poderia auxiliar os alunos a compreenderem as relações entre conceitos físicos envolvidos?

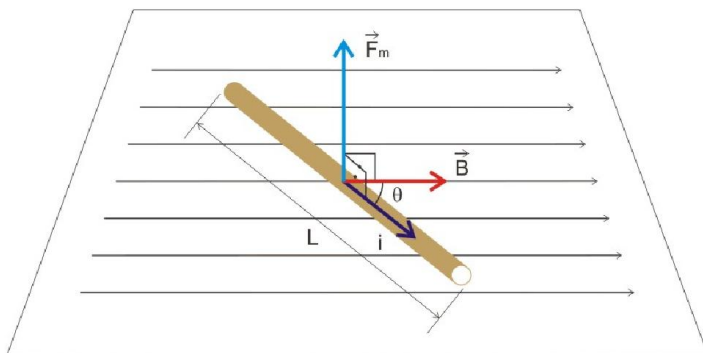
Q2 - Como o professor poderia abordar a resolução do exercício exemplo de modo que explicita qual é o papel da relação matemática para o pensamento físico, em outras palavras, por que a lei matemática tem aquela “cara” na gravitação universal?

Q3 - Escolha um dos exercícios propostos e modifique-o de maneira que ajude a romper o hábito dos estudantes em resolver os problemas mecanicamente.

Q4 - O que você diria se o professor resolvesse discutir o problema apenas de maneira conceitual, sem exigir que os estudantes resolvam problemas que envolvam a matemática?

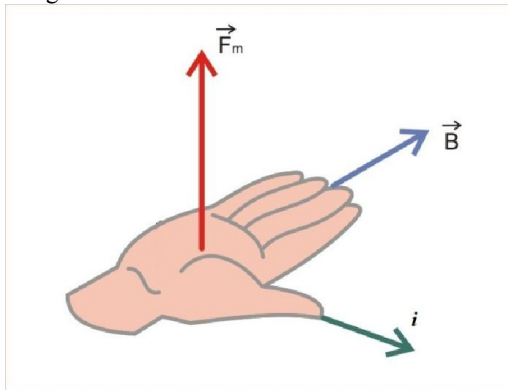
Situação 2

Em determinada aula no ensino médio o professor está trabalhando com o tema de *Força Magnética sobre Cargas Elétricas*. Iniciando a aula ele desenha o esquema abaixo enquanto explica o que está acontecendo.



Durante a explicação comenta que este é um fio condutor retilíneo, com comprimento L que está imerso num campo magnético \vec{B} , onde i é a corrente que circula pelo condutor e θ o ângulo entre \vec{B} e i , e que sobre o condutor atua uma força magnética \vec{F}_m que pode ser calculada por: $F_m = iLB\text{sen}(\theta)$.

Em seguida, explica que a direção de \vec{F}_m é perpendicular ao plano que contém \vec{B} e o condutor, e que seu sentido pode ser obtido pela regra da mão direita utilizada para o movimento de partículas carregadas. Utilizando gestos, explica que o polegar indica o sentido da corrente elétrica, os demais dedos indicam o sentido de \vec{B} , e a palma da mão indica o sentido de \vec{F}_m , conforme a figura apresentada a seguir:



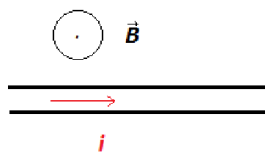
Feito isto, o professor faz uma ressalva, destacando o significado do ângulo θ que “aparece” na expressão da força, dizendo que quando o condutor retilíneo está disposto perpendicularmente às linhas de campo magnético \vec{B} ($\theta = 90^\circ$), a força exercida sobre ele assume seu valor máximo, pois $\text{sen}(\theta) = 1$ e assim a expressão da força fica:

$$F_m = iLB,$$

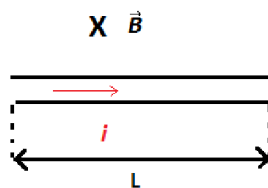
e quando $\theta = 0^\circ$ ou $\theta = 180^\circ$ a força será nula.

Após as explicações o professor faz um exercício exemplar: A figura a seguir apresenta quatro situações em que o segmento L de um condutor é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade i , imerso num campo magnético representado pelo vetor \vec{B} , perpendicular à direção de L . (a) Represente graficamente a força que atua sobre a partícula em cada caso. (b)

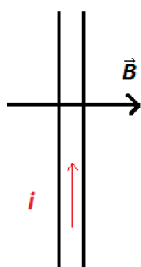
Determine o módulo de \vec{F}_m em cada situação sabendo que $L = 0,10$ m, $i = 0,50$ A e $B = 6,0 \times 10^{-2}$ T. (Nas situações 3 e 4, \vec{B} está contido no plano da folha)



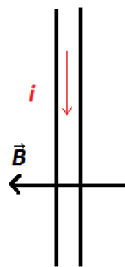
Situação 1



Situação 2

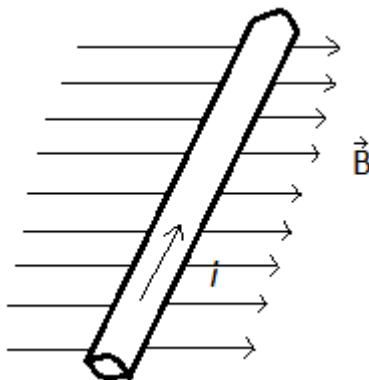


Situação 3



Situação 4

Após resolver este exemplo o professor deixa o seguinte exercício como tarefa de casa: Um condutor de comprimento L , percorrido por uma corrente elétrica i , está percorrido em um campo de indução magnética uniforme \vec{B} . O campo magnético \vec{B} e o condutor são horizontais e perpendiculares entre si. A força magnética que atua no condutor é \vec{F} .



Analisar as afirmações que seguem e diga se são verdadeiras ou falsas:

- (a) A força \vec{F} tem direção vertical e sentido para cima.
- (b) Se o sentido da corrente i for invertido, o sentido da força \vec{F} não se altera.
- (c) Se o sentido do campo magnético \vec{B} for invertido, o sentido da força \vec{F} não se altera.
- (d) A força \vec{F} tem intensidade proporcional a intensidade do campo magnético \vec{B} .
- (e) A força \vec{F} tem intensidade inversamente proporcional a intensidade da corrente elétrica i .
- (f) A força \vec{F} aumenta se o condutor girar no sentido horário.

Questões norteadoras:

Q1 - Durante a explicação da lei matemática para a força magnética, como o professor poderia auxiliar os alunos a compreenderem as relações entre conceitos físicos envolvidos?

Q2 - Como o professor poderia abordar a resolução do exercício exemplo de modo que explicita qual é o papel da relação matemática para o pensamento físico, em outras palavras, por que a lei matemática tem a “cara”

$$F_m = iL B \sin(\theta)$$

no caso da força magnética?

Q3 - Proponha um exercício de maneira que ajude a romper o hábito dos estudantes em resolver os problemas mecanicamente.

Q4 - O que você diria se o professor resolvesse discutir o problema apenas de maneira conceitual, sem exigir que os estudantes resolvam problemas que envolvam a matemática, como o exercício deixado como tarefa?

ANEXO II

TRANSCRIÇÃO DA VIDEOCONFERÊNCIA

Início da VC – Instruções iniciais

P – Bom...bom, nós vamos começar L12 e aí eu já explico o que é a atividade e a gente vai começar. Bom, estamos começando então a 4ª VC, é a quarta VC né?, a 4ª videoconferência de Metodologia e Prática do Ensino de Física, 4ª e última, ahhh...o tema que vamos desenvolver, que já estamos desenvolvendo nas duas últimas semanas e vamos continuar desenvolvendo nas próximas semanas que começa amanhã, a partir de domingo (amanhã) mais duas semanas, o tema é resolução de problemas no ensino de física e o papel da matemática na física e no ensino de física, esse é o nosso foco de discussão. Pra isso nós criamos um fórum tá, e esse fórum foi dividido em dois tópicos, dois grandes tópicos: então tem o tópico A, que já foi aberto e não era obrigatória a participação, e fizemos isso pensando que vocês tem uma prova, teriam ou tiveram, não sei, uma prova de mecânica ontem. Então nós deixamos as duas primeiras semanas sem essa obrigatoriedade por que vocês já teriam muita coisa para estudar, final de semestre, etc., tá. A partir de amanhã o fórum então abre com outro tópico, que é o tópico B, que é o mesmo fórum tá, dando continuidade a discussão, a partir de amanhã a participação passa a ser avaliada, tá ok?, nas próximas duas semanas, aí encerramos a nossa disciplina. Esse fórum tá, se vocês observarem ao longo de toda a disciplina, a participação, o modo como as cobranças em relação ao fórum tem sido progressivas tá. No primeiro fórum, basicamente vocês tinham que colocar alguma coisa no fórum. A partir de então, vocês tinham que colocar e comentar as coisas do fórum. Houve outros fóruns em que vocês deveriam ler um texto, colocar as ideias do texto nesse fórum, e discutir as ideias do texto no próprio fórum tá. Agora nós vamos hummm...[pequena pausa] dar mais um passo na evolução do uso do fórum como ferramenta de construção de conhecimento coletivo tá?!. Nós vamos... [pequena pausa], prestem bem atenção nisso, tá?! Nós vamos cobrar de vocês nesse fórum, o que será avaliado nesse fórum, tá? A leitura do texto, então será importantíssimo que tragam as ideias dos dois textos. Essas ideias podem trazer como fizeram nos últimos fóruns, podem selecionar trechos do texto, colocar entre aspas e colocar no fórum...ou não precisa selecionar exatamente, mas dizer, olha, de acordo com o texto, o texto fala disso, disso e disso, enfim, mostrar explicitamente que você está dialogando com o texto na medida em que está discutindo o assunto com os colegas, tá ok?! Só que no último fórum que nós fizemos isso tá, vocês realmente conseguiram trazer elementos, trechos do texto, extremamente bem colocados, bem selecionados, bem pertinentes para as discussões. Mas houve um senão que agora eu acho que a gente poderia dar um passo a mais, tentar evoluir nisso tá?! Grande parte de vocês colocaram os trechos do texto coerentemente com a discussão que estava sendo feita, mas não fizeram nenhum comentário tá?! Então colocavam o trecho do texto, a gente percebia que o trecho era coerente, tinha a ver com a discussão, mas

não ficava muito claro qual era a sua posição em relação ao próprio trecho que estava sendo colocado, quer dizer, por que que você estava trazendo aquele argumento do texto... [pequena pausa]...para a discussão, tá?! Por que no fundo quem está participando da discussão é você, então você está usando o texto, você está usando as ideias do texto, como parte para dar mais substância a sua própria argumentação, mas a sua argumentação não pode desaparecer tá?! Outro ponto, não sei se ficou claro isso, qualquer dúvida a respeito disso ao longo das duas semanas entre em contato conosco, por que é esse foco agora que será avaliado tá?! [Pensa um pouco]...outro ponto que é...bom, isso claro, sem desconsiderar a importância de vocês trazerem as ideias de vocês que independem do texto sempre dentro do assunto obviamente tá?!, as opiniões, as posições pessoais, inclusive ideias que não estão no texto, olha eu acho extremamente importante este aspecto dessa discussão e nenhum dos textos toca nisso, é importantíssimo você colocar ideias como essa. [Pequena pausa]...Outro ponto que vamos avançar agora é no sentido de construir uma síntese coletiva, porque nós trazemos, vocês trazem as ideias, discutem no fórum, comentam as ideias dos colegas, mas a gente acaba não fazendo um fechamento tá?! Em alguns fóruns nós fizemos, aqui a equipe docente fez um feedback, fez uma síntese e postou. Tem duas sínteses ainda que nós não colocamos de fóruns anteriores. Então nós estamos fazendo essas sínteses. Mas seria agora...agora a gente vai tentar dar um passo a mais tá, nesse outro sentido também, que é o sentido de vocês tentarem fazer uma síntese, quer dizer, lá pro final da discussão, na segunda semana...então essa primeira semana a ideia é realmente fazer a discussão sobre o assunto trazendo as ideias do texto, problematizando a partir das problematizações que nós colocamos...na segunda semana a ideia é fazer uma síntese desse texto, por exemplo, a partir das ideias que já estão nesse fórum como a gente pode resumir as ideias que estão ali, tá, como a gente poderia construir uma síntese coletiva disso. Estamos ainda discutindo se não seria melhor construir uma wiki com essa síntese, ou se ela vai ser realmente feita no fórum. Acredito que o fórum talvez seja suficiente tá, para essa construção dessa síntese. Bom, alguém tem alguma dúvida a respeito disso?, vamos entrar na atividade de hoje já, mas não entrei ainda.

L1 – Professor?

P – Oi, quem é? De onde?

L1 – É L1. Mas daí essa síntese coletiva se a gente fosse colocar no fórum, por exemplo, cada uma de nós do grupo ia escrever alguma coisa pra depois a gente organizar toda a síntese ou faríamos uma síntese única e colocaríamos no fórum?

P – Então, a ideia é que a gente consiga o grupo todo, que dizer, toda a turma tá, construir um conjunto de ideias que sintetizariam a discussão...então não importa quem...então alguém escreveu lá uma frase: olha, eu acho que essa frase é uma ideia que resume o que nós discutimos, um dos aspectos tá. Alguém pode lá e comentar: olha, tá, essa frase resume bem, realmente discutimos isso, todos

concordamos com isso, mas eu acho que ela poderia ser escrita de outra maneira...outra pessoa pode lá e colocar: tá isso é um ponto, outro ponto é tal...aí coloca outra frase, coloca uma outra síntese. A ideia é que a gente vai, [refere-se a equipe docente], vamos tentando fazer essas costuras também tá. O que vai acontecer nesse fórum? Esse fórum, o resultado dele vai ser um pouco diferente...ele vai ao longo da semana ficando um pouco repetitivo por que a gente vai colocar nas próximas postagens coisas que já foram colocadas nas postagens anteriores, mas no sentido de fazer a síntese de novo tá. Então não importa muito se vocês quiserem fazer a síntese...eu acho que a gente espera a participação de todo mundo, nem que seja para perceber um ponto numa vírgula para levantar alguma questão, quer dizer, a participação é individual...não sei se respondi sua dúvida L1.

L1 – Respondeu professor, valeu!

[Explicação da equipe docente – o áudio estava desligado]

L2 – Professor?

P – Estava sem som, o som estava desligado. O T1 falando e som desligado.

L2 – Pois é, e o senhor também falando e estava desligado desde o início que o senhor está falando...a gente...o som está desligado. [risos]. A última coisa que a gente ouviu foi dizendo para ela enviar uma mensagem que chegava lá instantaneamente, olha que tempo.

P – Então eu fiz ao contrário, aquele momento era para mim ter desligado.

L2 – Isso, pois é!

P – Vamos começar tudo de novo.

L2 – Por favor!

P – O bom é que ficou tudo gravado. Agora vocês estão ouvindo? Então vamos lá de novo. Deixa eu ver...eu vou começar direto por essa atividade depois eu volto a explicar o fórum tá. Eu expliquei tudo sobre o fórum, mas vamos direto para essa atividade para a gente poder dar início a atividade. Bom, a ideia nessa atividade...vocês tem duas situações; situação 1 e situação 2. Dividimos o grupo todo aí em grupos, de modo que por exemplo o grupo F deveria pensar sobre a situação 1, o grupo G deveria pensar sobre a situação 2 e assim sucessivamente. Cada grupo vai agora ter 15 minutos, vai ser chamado agora, vai ser chamado os grupos tá...vamos começar pelo grupo A, por que L1 tem o problema da saída, vamos começar pelo grupo A...aí o grupo vai apresentar as ideias de análise dessa situação. Pra isso nós colocamos, isso que o T1 estava explicando agora...foram

colocadas algumas questões orientadoras, norteadoras, dessa discussão. Você não precisa necessariamente se prender a estas questões tá...você vai comentar a situação a partir da visão principalmente claro, é importante trazer ideias dos textos tá...eu acho que é essa...tá claro? Então você pode complementar as questões que foram colocadas aí...não precisam responder questão por questão necessariamente. Então são 15 minutos de apresentação. Os outros grupos...essa parte é importante, prestem atenção...o outros grupos vão ouvir a apresentação desse grupo, do grupo que está apresentando, vão anotar comentários sobre essa apresentação, questões complementares sobre a apresentação, e nos enviar como tarefa isso...basta colocar numa folha lá no Word, em pdf, e mandar coo tarefa até segunda feira algum comentário...não precisa ser um texto, longo, nada disso. Você vai colocar agora mesmo, você vai fazendo num papel...você pode fazer a mão, escanear inclusive e mandar, ou você digita no computador depois tá. Algum apontamento, alguma coisa sobre cada uma das colocações dos grupos que estão apresentando, ficou claro? Isso é feito em grupo também, né...isso é em grupo também...então não é individual tá. Você anota, cada um anota, você pode juntar tudo isso, é em grupo, você anota, junta tudo isso e manda em nome grupo tudo. Por que com base nisso, isso vai alimentar, a gente vai ter um feedback aqui das reflexões, do modo como vocês estão pensando para que a gente alimente o fórum também a partir disso, ficou claro?

L1 – Sim professor, ficou claro!

P – Vocês precisam de um tempo, a gente poderia começar já? O primeiro grupo seria o A a apresentar.

L1 – Acredito eu que podemos começar.

L2 – Só um tempinho para a gente se organizar aqui...ééééé...a gente precisa apresentar a situação antes professor para o pessoal ficar ciente do que está acontecendo?

P – Não, olha...eu tô supondo...porque senão não vai dar tempo...eu tô supondo que todo mundo leu e que mesmo que não tenham lido por alguma razão a situação tá aí agora aberta no computador ou tá impressa, então a pessoa pode olhar, porque ela vai precisar talvez lembrar das figuras né, dos desenhos que estão aí tá. A primeira situação é a situação relacionada com mecânica. A segunda situação é relacionada com eletromagnetismo...tá. Então vamos dar 2 minutos aí para o grupo A se organizar. Já voltamos.

L10 – Professor, então podiam começar com outro já pra não ficar até muito tarde aqui.

P – Ahhh...então tá bom. Gente, grupo A, aguarde um pouquinho então, enquanto vocês se organizam, é que na verdade aí grupo A tem que...

L1 – Professor, nós já estamos prontos, então vamos começar.

P – Então vamos lá. Vamos começar então gente. Grupo A então, situação 1, as ideias que...como analisaram essa situação?

Grupo A

L1 – Bom, pela discussão que nós fizemos, juntamente com o polo 5, nós colocamos o seguinte: que nós podemos primeiro né, representar matematicamente mantendo a distância fixa e variando as massas, pra que o aluno ele possa perceber que existe uma variação nessa força e em seguida nós podemos manter também as massas fixas e fazer com que aconteça uma variação na distância para que o aluno também possa perceber que vai existir uma variação na força também nesse caso. No primeiro momento então, variando as distâncias, ou seja, fixando a distância e variando as massas. No segundo fixando as massas e variando as distâncias, pra que ele possa perceber a variação então nas forças que estão atuando sobre os corpos. E, a gente pode usar como uma forma de explicar isso, de até mesmo esclarecer para o aluno pra ficar até mais prático usando por exemplo os ímãs. E a gente pode usar esses ímãs com massas diferentes, fazendo uma analogia para que ele possa então perceber que existe uma força gravitacional atuando sobre esses corpos né. Então a gente vai usar o ímã para facilitar o entendimento do aluno. Então, é através disso que a gente pode perceber que a lei da gravitação né, matematicamente...[problema no áudio]...é similar aí a que a gente tem aí na figura que vocês apresentaram e no texto que foi apresentado por vocês.

L2 – O professor, assim, a nossa maior discussão foi assim, existe física sem matemática? Essa foi a maior discussão entre os polos 1 e 5, que a gente ficou que ahhh...o TP1 por exemplo disse que pra ele é impossível a física existir sem a matemática e aí a gente entrou nessa questão assim de como que a gente vai mostrar pro aluno de que existe uma força, como é que eu vou convencer o meu aluno de que existe uma força de atração entre corpos...então o primeiro momento que L1 colocou ali foi colocar realmente no quadro em forma de matemática, manter a massa fixa e variar a distância e depois manter a distância fixa e variar os valores das massas pros alunos perceberem essa diferença, mas isso matematicamente. Depois a gente falou: tá, mas se não for matematicamente não tem como? Tem né, porque dentro de sala, em vários momentos a gente fala sobre forças que se atraem e se repelem, ou, nesse caso, que é a força da gravidade, de que né, usando principalmente o sistema planetário que o aluno né, vê e já tem uma noção prévia, porque a gente precisa também partir do princípio de que o aluno tem uma pré-conceito sobre o sistema planetário, e de porque que, por exemplo a Lua orbita né, na órbita da Terra e não escapa...o Sol sendo bem maior do que a Terra não “capta” a Lua para ela por exemplo. Então a gente usou os ímãs pra mostrar pro aluno que existe a força, que existe força entre dois corpos,

e que ele vai funcionar basicamente como os dois ímãs, um ímã maior e um ímã menor, aí essa parte já é mais conceitual, é mais para mostrar que realmente existe uma força, agora uma das nossas discussões bem sérias foi como explicar a física para os alunos sem usar a matemática, existe como? Existe! É difícil? Ãããã? [P interrompe]

P – L2...eu vou fazer algumas perguntas tá, só pra gente...[aluno interrompe]

L2 – Antes de o senhor perguntar...é que antes de o senhor perguntar, a segunda parte está com L5, então a gente dividiu o trabalho, então a gente falava sobre as primeiras questões L5 vai falar sobre as segundas questões, a segunda e terceira questão que vai falar sobre éééé...modificar o exemplo ou tirar realmente essa parte matemática e falar mais conceitualmente, mas se o senhor quiser perguntar agora fica a vontade.

P – Tá. Eu vou perguntar antes L5 tá? Porque assim... pra esclarecer melhor a posição que o pessoal do Grupo A tá colocando tá. Vocês tão supondo, deixa eu ver se entendi...vocês tá supondo que essas ideias relacionadas com o sistema planetário, essas outras ideias que você colocou que não estão presentes aqui, você tá supondo que isso já teria sido trabalhado ou você tá supondo...ou você tá sugerindo que essas ideias sejam retomadas no momento em que o professor vai discutir essa fórmula? Porque essa...do jeito como está essa atividade aqui, veja, o ensino de gravitação desse professor poderia ter se resumido a isso...tá?!, em explicar o que é a força que é o que tá na fórmula tá?! Agora, existe uma outra possibilidade que tá apontada na sua fala que é relacionar a significação dessa fórmula com o sistema planetário, deu pra entender? É isso que você está sugerindo? Não?

L2 – É...porque a forma como o professor traz aqui na situação ela é muito matematizada, e isso faz com que o aluno responda lá a questão a partir da questão exemplo né, responda automaticamente as outras questões. E as perguntas vem no desencontro disso né...as perguntas vem em como é que eu tiro esse mecanismo do aluno e coloco nele conceitualmente, e aí...uma outra...aí a gente pensou ao invés de uma forma de matematizar, pensar uma outra maneira de relacionar esses conceitos, pensamos no sistema planetário.

P – Ahhh...perfeito...então era isso que eu queria. Então o sistema planetário faria parte dessa explicação do professor, da fórmula?

L1 – Sim, com certeza!

P – Perfeito, perfeito.

L2 – Para complementar a matemática que veio na situação. Porque a situação ela é bem mecânica, e as perguntas norteadoras vem pra tirar esse mecanismo

automático do aluno, tirar o aluno do automático e colocar ele a pensar. Bom, eu preciso colocar ele dentro do mundo né.

P – Perfeito, perfeito.

L2 – Tá, aí L5 tem coisas a acrescentar ainda.

P – Vamos lá L5.

L5 – Boa tarde professor. É....

P – Boa tarde, boa tarde.

L5 - Como L2 havia falado, é...nós repartimos o trabalho. Elas ficaram com as questões 1 e 2 e eu fiquei com a 3 e 4. Então, a questão número 3 era para modificar algum problema que o professor havia proposto. Nós, Polo 1 e Polo 5, resolvemos escolher o problema 3, porque além de ser um problema aberto né...ele é diferente do que os alunos estão acostumados a resolver diariamente. Então, essa modificação a gente fez da seguinte forma:

Dois corpos de massa m_1 e m_2 , estão separados por uma distância D . Nessa configuração surge entre os mesmos uma força gravitacional atrativa de intensidade F . Determine a nova intensidade da força existente entre os dois corpos em cada uma das situações, ou seja, a gente vai ter dois corpos de massa m_1 e m_2 que são atrativos né, e que são separados por uma distância e...é para eles explicarem a questão né...cada questão, discursivamente e matematicamente, lembrando que a força 1 é igual a F_2 , ou seja, igual a força, igual a um F . Então, são questões de “a” até “e” onde a letra “a” diz o seguinte: qual a diferença entre as forças atrativa entre os corpos se m_1 for o dobro de m_2 e se m_1 for metade de m_2 . Letra “b”: se a distância entre os corpos for dobrada. Letra “c”, se a distância entre os corpos for reduzida pela metade. Letra “d”, se o valor da massa m_1 for triplicado e o valor da massa m_2 for reduzido para um terço da massa inicial. Letra “e”, se o valores das massas e da distância entre os corpos forem triplicados. Então, pela questão ser um problema aberto a gente achou que poderia fazer essa modificação e pedir para os alunos não só fazerem matematicamente essa resolução, mas fazer uma discussão antes, onde possam auxiliar no entendimento da questão pra eles. E na questão...naquele tópico 4 que pedia [P interrompe]

P – Oi L5, eu já vou fazer um comentário antes de você passar para o quatro, tá. Só para fazer uma...quando você diz que vai solicitar ao aluno que também faça uma análise conceitual, duas perguntas: o que que você tá esperando que ele discuta tá, o que que vocês discutiram sobre isso, e essa discussão conceitual está relacionada com a parte matemática que ele vai ter que fazer? Porque no fundo tem uma parte matemática nesse problema também né...tá?!...deu pra entender?

L5 – Acredito que sim professor...éééé...olha só...o que eu...o que a gente discutiu antes, como L2 falou dos planetas...se caso a gente modificasse a massa entre cada...[pensa um pouco]...cada corpo, então se a gente aumentasse a distância entre elas, modificasse a massa, qual a força que deveria existir pra ele se atrair...algo assim, a discussão que eles deveriam fazer. Era isso professor?

P – Tá...eu acho que sim, sim, é isso...só pra gente saber melhor o que você tava pensando...tá ok! Pode continuar na 4 então.

L5 – Então, a questão 4 era...perguntava o seguinte: se é necessário né...se um professor só explicasse um conteúdo de maneira conceitual, não utilizando a matemática...Eu entendo o seguinte, que para iniciar o conteúdo ele poderia utilizar só do conceito...mas a física a gente utiliza a matemática pra finalizar, ou seja, eu entendo que ele poderia fazer na introdução do conteúdo a parte conceitual, mas ele deveria utilizar a matemática, a física utiliza da matemática para explicar o conceito em si, a matemática caminha junto da física.

P – Tá, mas isso você tá propondo que seja assim ou vocês acham que nessa aula que foi colocada, nessa situação que foi descrita, isso já está presente? Porque o professor no fundo fez isso...ele fez uma explicação conceitual e depois ele partiu pra matemática tá. Agora você tá dizendo que ao partir pra matemática o conceitual também está lá, e aí minha pergunta é, realmente, será que o conceitual está realmente envolvido nesses exercícios que foram colocados aqui de 1 a 4?

L5 – Eu acredito que sim.

L2– Ô professor! Essa questão última aí foi uma das nossas maiores discussões, porque, por exemplo, pra alguns de nós a física não sobrevive sem a matemática, por exemplo. Agora se é viável, se é verdade isso aí...assim óóóó...a gente entrou numa discussão enorme e não conseguiu chegar a um consenso com relação a isso. Eu particularmente acredito sim, que a gente consiga conversar com os alunos sem envolver a matemática. Mas pra fazer o aluno perceber, por exemplo, a variação da força com relação as massas ou com relação a distância vai ser impossível entrar na...deixar a matemática de lado.

P – Perfeito, perfeito L2...ótimo, ótimo...

L2 – Se for pra eles assim ó...se for pra eles assim ó entender só o que é o conceito de força, que uma massa tá lá e atrai a outra, e...bem, e existe uma força entre elas, e é por isso que por exemplo o nosso sistema planetário se mantém dessa forma aí tudo bem...mas quando é pra ele perceber que a força varia, que a distância varia, que a massa varia, a matemática é impossível de ser deixada de lado. Foi isso que a gente concluiu pelo menos.

P – Perfeito, perfeito...tá...e na questão dos exercícios que foram colocados nessa aula é...você acham que eles...imaginem assim, que essa aula que tá colocada aqui na situação 1, o professor deu os 4 exercícios...esses exercícios são bastante matemáticos não são? É...você acham que os alunos poderiam...estariam tendo uma compreensão conceitual resolvendo esses exercícios?

T1 – Será que eles conseguiriam resolver sem pensar?

L2 – Resolver sem pensar? Eu acho que sim. Eu acho que eles são capazes sim de pegar só os dados e aplicar na fórmula e dar o resultado, sem pensar nas equações física, sem pensar no conceito. Eu acho que eles são capazes.

P– Tá...perfeito.

L2 – A própria situação encaminha pra isso professor. Não tem como fugir disso...nessa situação não tem como fugir disso.

P – Nessa situação? Tá...perfeito.

L2 – Por isso que a matemática se faz tão presente aqui. Aí é muito simples...eles pegam os dados e colocam na fórmula e resolvem...o que na verdade acontece muito em sala de aula.

P – Perfeito gente. Ótimo tá?! Eu acho que tá ótimo. Em relação aos textos...todas as colocações de vocês estão muito pertinentes tá...depois isso vai ser muito importante levar isso pros fóruns e a gente continuar fazendo essa discussão...agora em relação aos textos lidos, ambos os textos...que ideias vocês colocam aí, lembram de alguma ideias desse texto que ajudaram a pensar nessas questões ou que estão relacionadas com essa problemática toda?

L2 – Olha professor...com relação aos textos eu confesso que eu li o outro, o do Pietrocola eu iniciei mas não consegui concluir. Muitas dessas ideias com relação a matemática colocada dentro da física ou só a situação física explicada pro aluno vem dos textos, mas eu juro, assim eu confesso que eu li rapidamente só para cumprir tabela, o meu foco essa semana foi Mecânica, que eu já estou em recuperação.

P – E você fez a prova ontem?

L2 – Sim.

P – Ahh...você fez a prova ontem?!

L2 – Sim, fizemos.

P – Tá!

L2 – Claro, fiz professor. Porque...

P – Todos fizeram a prova?

L1 – Aqui no polo 1 fizemos.

L2 – A gente anulou tudo para estudar mecânica, não fizemos nada de INSPE, nada de Instrumentação, nada de Libras, pra fazer a prova de mecânica, e se a gente anular mecânica agora e focar nas outras a gente reprova em tudo.

P – Perfeito. Então olha...bom, minha sugestão agora que vocês já se livraram de mecânica, já né, pelo menos por enquanto, tentem ler pelo menos, no mínimo 1 dos textos tá?!...dividam aí, acho que podiam fazer uma divisão né, já que vocês tem como entrar em contato e tal. Cada um podia ler os textos tá, e tentar ver realmente...tem muitas ideias diferentes nesse texto que vão ajudar a essa discussão a ganhar mais corpo ainda, tá ok?!, ao longo dessa semana.

L1 – Com certeza a gente vai fazer essa leitura.

P – Tá bom gente.

T1 – É interessante que nesse material aí, nessa uma, duas folhas que vocês vão ter que entregar até segunda feira, tentem pegar essas ideias que a gente tá discutindo agora aqui e tentar materializar elas um pouco mais...aí fica mais fácil pra gente olhar e ver realmente o que vocês quiseram dizer, as vezes aqui o tempo é curto e não dá tempo de falar tudo, faltam palavras...tá bom?!

P – Tá bom. Só um minuto. A gente vai resolver um problema técnico aqui e já volto.

Grupo B

P – Desculpa gente, é que a situação lá no Polo 4 tá grave. É...eu...agora passamos pra outro aqui, pensado aleatoriamente, pode ser o Grupo B.

L3 – Boa tarde professor, boa tarde, boa tarde colegas.

P – Boa tarde, Grupo B, vamos lá?

L3 – Vamos lá...o Grupo B, a gente ficou de falar sobre a primeira situação.

P – Ok, a primeira situação.

L3 – Primeira situação. Bom, primeiramente fazendo uma análise geral, a gente viu que ficou um pouco pobre a...essa análise crítica é fácil, é relativamente fácil de fazer...ficou um pouco pobre questão da discussão qualitativa né. O texto 1, a leitura 1, primeiro parágrafo, página 9, fala assim: a falta de uma prévia discussão qualitativa, ou seja, ele faz uma, uma crítica a falta dessa discussão qualitativa...a gente achou que merecia uma discussão maior né, com os alunos. Também no texto fala, um operativismo mecânico com que se aborda habitualmente os problemas, coisa que a gente também constatou na situação 1 né...aquela coisa operatória, aquela coisa de fazer mecanicamente, também na leitura 1. Ainda na leitura 1, tem uma parte que fala sobre, lá na conclusão, que fala sobre constatar que o operativismo, tratamento superficial, sem sequer analisar os resultados, é realmente muito generalizado entre os professores, ou seja, a gente vê que, que ali nessa proposta dessa situação 1, essa coisa permanece. Na leitura 2, tem é...tem uma parte que fala assim: agora a física acabou, daqui em diante é só matemática. Então a gente entende também que foi colocado a matemática de forma excessiva. Outras questões interessantes dentro das leituras, a leitura 2 tem um parágrafo ainda que fala: é inegável que a capacidade de manipular tecnicamente muitas das ferramentas matemáticas (habilidades técnicas) é necessário, entretanto apesar da necessidade essa condição está longe de ser suficiente, ou seja, da forma como foi tratado a situação foi um simples preenchimento das fórmulas e pouca ou quase nenhuma discussão qualitativa e de conceitos. Agora, utilizando as questões norteadoras pra gente apresentar...

L4 – Antes de a gente começar a falar dessas questões norteadoras, é, então só uma análise geral que a gente teve do texto foi que ele diz que existe uma análise conceitual inicial, e tudo mais, mas ele não diz como foi feita essa parte...então pareceu um pouco pobre essa análise e a gente não sabia como seria feita e tudo mais, e a gente pensou que deveria ser uma análise talvez até histórica e epistemológica antes de chegar no conceito, de chegar na equação propriamente dita. É...a gente não tem noção de como teria sido feita essa abordagem, então, é...só essa questão de talvez não ter sido abordado devidamente que pode causar problemas depois pra uma análise um pouco mais matemática...é...deu pra ver também que foi muito separado essa parte...a questão conceitual da parte matemática, que foi o texto ali que ele citou...é...daqui pra frente, é...a gente vai...é só matemática. Então é...o que deu pra entender é que o professor abordou um conceito, abordou um conceito físico, explicou o conceito físico, mas aí depois que ele apresentou a equação passou a trabalhar somente com a matemática, e esquecendo um pouco do conceito físico. Claro que de certo modo o conceito físico ele tá embutido nessa equação né, mas pareceu foi que ele propôs a equação a partir do conceito físico e a partir dessa equação ele usou a matemática pra chegar a alguns resultados, pra fazer exercícios, pra fazer o exemplo que ele propôs ali.

L3 – Basicamente isso que L4 falou é sobre a primeira questão norteadora. A ideia é melhorar, focar, intensificar a história né, da constatação, da definição da

constante universal da gravitação com tratamento epistemológico. Considerando como o T1 falou aqui que já foi tratado algumas questões dos conceitos de força, a distância envolvida, mas a, uma constante é meio perturbador a gente ter uma constante dentro de uma equação e não tratada de onde que ela veio, o que que ela significa, um tratamento epistemológico...então um tratamento epistemológico pra essa constante seria um dos caminhos que a gente utilizaria pra questão norteadora número 1 lá.

L4 – Essa questão ainda aborda, ela pergunta então quais seriam as relações entre essas grandezas física que estão ali na equação...então, qual seria uma maneira de explicar essas relações: seria propor talvez uma atividade gráfica onde quando você aumenta a massa ou aumenta o tamanho e digamos que esse volume seja proporcional a massa, quando eu aumento o tamanho de uma das esferas eu aumento também a força que indica a tração entre elas ou quando eu aumento a distância, essa, essa força, esse vetor força ali que deve estar representado no desenho diminui quando eu aumento essa distância ou ao contrário...então é...a proposta seria pra explicar a relação de proporcionalidade entre a as grandezas físicas a ideia seria propor uma variação como o que que acontece quando eu vario essa massa, o que que acontece quando eu vario a distância entre elas, o que que acontece quando eu aumento uma massa e a outra eu diminuo...é, o grupo anterior até falou sobre isso né...falou que seria interessante propor essas variações aí, pra é, que se possa entender o que que está acontecendo e quais são as relações entre esses conceitos físicos né...

L3 – Olha, L4 já entrou na questão da segunda questão norteadora ali, que fala do professor, como ele poderia abordar a resolução do exercício exemplo de modo que explicita qual é o papel da relação matemática para o pensamento físico. Ou seja, por que a lei matemática tem aquela cara. Realmente é uma questão que não é muito simples né, é...seriam exercícios mentais como o L4 colocou, de forma qualitativa com variações das grandezas envolvidas com variações das resultantes, de forma bem qualitativa, enfatizando conceitos, mas ao mesmo tempo utilizando a equação. Ou seja, nos moldes que o T1 falou. É...levantar a discussão quanto ao nascimento dessa equação né...de novo voltando a questão epistemológica, ocorrido na base da observação, que isso foi, aconteceu na base de observações de corpos celestes, é...portanto importante relatar que o conhecimento construído a partir das observações não são de experimentos manipuláveis, e quando ele propõe um exercício inicial lá, fala de dois corpos sendo atraídos e a gente põe a matemática, a equação, e calcula essa força. Na verdade a gente sabe que não temos como isolar a gravidade e isso é uma situação fictícia. Então a gente vai ter que expor já nesse, eu, a gente considera importante expor já nesse momento essa questão de que, apesar de a gente calcular e ter um valor definido isso é uma, é um modelo que está longe de mudar a realidade, está longe de conseguir essa situação, porque em qualquer lugar que tiver dois corpos vai ter, vão ter outros sendo influenciados pela gravidade né.

L4 – Então, o que seria importante colocar pro aluno é isso que L3 falou, e explicar, eu não sei de qual modo, a gente não chegou a entrar nesse detalhe, de qual modo poderia explicar isso, mas que essa equação é derivada de observações da realidade, ou seja, observações e medições de distância, de período de rotação da Lua em torno do Sol e do Sol em torno...da Lua em torno da Terra ou da Terra em torno do Sol é...com essas medições de períodos de rotação, de distâncias, e do cálculo aproximado das massas é que se chega a essa conclusão...então através da análise da realidade de algo que tá acontecendo, que não é um experimento criado por alguém, que é algo que tá acontecendo mesmo, através da análise disso e da captura desses dados é possível chegar a uma equação dessas certo, então não é algo manipulado que se possa fazer em laboratório né...

L3 – Quanto a questão norteadora 3: escolha um dos exercícios propostos e modifique-o de maneira que ajude a romper a romper o hábito dos estudantes em resolver os problemas mecanicamente. Na leitura 2, uma parte que fala sobre modelização, e maneiras de se criar uma modelização, fala de conceitos, fala da matematicamente, matematicamente, pictoricamente, que fala de desenhos, figuras, nós iríamos propor pro primeiro exercício, coisa relativamente simples, mas seria a necessidade criar uma figura correspondente ao problema respeitando uma escala. A gente discutiu bastante, eu e o L4, mas a gente viu que tem um espaço interessante pra aproximar é...de certa forma aproximar aquele problema que tá bem mecânico, bem é...matemático...a trazer um pouco pra realidade. Ou seja, a proposta é criar uma figura que tenha uma escala, com o objetivo de ter uma ideia, uma aproximação dos diâmetros, e dizendo considerando a densidade da Lua e da Terra que sejam iguais. Quer dizer, é uma questão meio aberta. O aluno vai ter que, ele vai ter que pensar, vai ter que propor uma solução. Posteriormente, dentro desse mesmo exercício realizar uma pesquisa quanto aos diâmetros e distâncias atualmente aceitas né, fazendo um desenho esquemático. É...a gente se baseia na leitura 1 que fala da questão da resolução de problemas como investigação. Apesar de ser uma coisa bem simples, a gente tratando essa questão da investigação e da motivação é...o texto fala: considerar qual pode ser o interesse da situação problemática abordada. Ou seja, a gente traz aquele problema por alguma coisa mais próxima, mais próxima do real. É...uma das leituras que...

P – Só uma pergunta antes de continuar...vocês fizeram a explicação. Vocês a formulação dessa nova questão, como ficaria? Tem escrito isso?

L3 – Ainda não. Não temos escrito. Mas a gente discutiu aqui e viu que é relativamente simples, não tem grandes transtornos não. Dá pra gente colocar, escrever ela. Uma segunda forma de abordar seria pedir a construção de um gráfico na forma da força gravitacional em função da massa de um dos corpos e outro gráfico da força gravitacional em função da distância, ou seja, um exercício que tá bem simples, a matemática já tá resolvida digamos assim, ele vai criar

umas duas tabelas e vai formar dois gráficos, e posteriormente analisar esse gráfico.

L4 – Analisar que é exatamente a parte importante pra ele entender o que tá ocorrendo, o que que ocorre é...com relação a massa e a distância dentre essas massas né. Então se eu analisar quando a distância tende a infinito o que que acontece, quando a distância tende a zero...isso é uma análise de certa forma matemática mas que remete aos conceitos físicos também né, então quando eu vario a minha distância eu entendo que a minha força também varia proporcional ao quadrado dessa distância. E quando eu vario a minha massa eu também vou compreender que a minha força varia proporcionalmente a essa massa. Então esses conceitos, por mais que sejam matemáticos, um tanto matemáticos, eles tão envolvidos diretamente com os conceitos físicos que é...seriam um pouco mais complexos explicar sem é...essa matemática mais formal que a gente tem aí.

L3 – A última questão norteadora diz assim: o que você diria se o professor resolvesse discutir o problema apenas de maneira conceitual, sem exigir que os estudantes resolvam problemas que envolvam a matemática. Bom, apesar de a gente estar discutindo a importância do conceitual né, a gente ainda, a gente percebe discutindo parece que vai ficar muito vago essa questão só do conceitual, e teríamos alguns prejuízos, basicamente dois prejuízos: a própria compreensão do fenômeno nos parece que vai ficar comprometida quando a gente retira completamente a matemática, a equação, e trata só o conceito; e também a gente perderia a oportunidade de aproximar, mesmo que de forma superficial, o aluno das ferramentas utilizadas para a construção desse conhecimento. E vai afastar o aluno também de toda a epistemologia envolvida...então, tratar conceitualmente sim, é joia, utilizaríamos essa ideia...mas não retirariamos completamente a questão da equação. É...então faríamos de forma paralela a questão dos conceitos é...e com exemplos quantitativos simples é...dando ênfase ao conceito.

L4 – É...o que dá pra entender...o que a gente perceber pelo menos com essa leitura em com as leituras dos textos é que por mais que se queira desvincular a matemática e o conceito isso não é tão possível e tão simples assim, porque mesmo quando eu tô explicando é...sem a minha equação eu tô utilizando uma lógica matemática, de certa forma algum conceito matemático pra explicar é, esse aumento da força quando eu aumento a massa ou essa diminuição da força quando eu aumento a distância. É...então é, de um certo modo tá implícito essa matemática mesmo no conceito. Por mais que a gente tente separar isso daí, a gente pode até separar a equação, a parte mais formal da matemática do conceito, mas o que parece é que tirar o conceito e a matemática, desacoplar esse dois é meio complexo, meio inviável, né, meio prejudicial ao conceito em si. Os conceitos, os próprios conceitos físicos me parece que já são criados voltados pra essa lógica matemática né. Então eu acredito que essa separação não seja tão possível quanto a gente coloca aqui.

L3 – E é isso aí professor.

P – Gente, muito bom, não tenho nenhuma pergunta, tá...excelente...o quanto vocês...vocês fizeram uma boa relação com os textos...percebemos que vocês estão trazendo aí muitas ideias que com certeza vocês aprenderam em INSPE, tô certo, e isso é fundamental, é importante, principalmente a gente percebe o quanto a epistemologia é importante pra compreender essa problemática da resolução de problemas tá, talvez não esteja tão enfatizado em nenhum dos textos tá, embora os dois textos tocam um pouco nisso, nenhum dos textos enfatiza isso claramente tá, e acho que é um ponto que vocês trazem aí que é bastante relevante. É...queria fazer apenas um comentário pra todos...quando vocês vão mandar esse trabalho sobre o que os grupos estão colocando tá, eu não tô falando só para o Grupo B, mas pra todos, vocês podem inclusive questões de aprofundamento, questões que vocês não entenderam da fala deles, que não dá para gente discutir aqui, mas vocês podem colocar também isso nas...nos enviar, ok?! Bom, vamos passar então para outro...obrigado pessoal do Grupo B, do Grupo B né...e agora já tá aí o grupo C, podemos passar pro grupo C.

Grupo C

L6 – Professor, ã...bom o que a gente tá discutindo aqui é alguns exemplos. Assim ó...sobre a primeira questão ali de, as questões norteadores sobre a primeira questão...a ideia que a gente teve assim de aplicar o conteúdo é...primeiro fazendo uma analogia com ímãs né, como o pessoal também citou de outros grupos ali...acho que seria maneira mais direta pro aluno entender. Então tu podias fazer analogia com ímã grande, com ímã pequeno, um outro ímã maior primeiro, e tentar colocar pra eles é a relação de forças do ímã mesmo, que ímã atrai ou repele, repele não desculpa, que um ímã tu aproxima ele atrai mais, tu afasta ele atrai menos...pra eles perceber também que tu afasta um pouco o ímã e a partir de um ponto ali ele atrai bem, se tu vai afastando ele a uma determinada distância parece ele não atrai mais, não é uma coisa linear essa atração.

Na segunda questão ali, sobre o exercício exemplo que o professor deu o que agente sugeriu é o seguinte: é uma analogia também, juntando essa relação com o ímã, a gente podia fazer uma coisa assim do tipo, tipo assim ó: tu põem um...no lugar de um ímã ali por exemplo, ah, vamos falar de um ímã grande e um ímã pequeno, a gente poderia fazer uma analogia do tipo assim, tu tens o Sol e um planeta bem pequenininho próximo ao Sol e um outro planeta bem maior que o Sol só que em uma distância também bem grande em relação ao outro planeta pequeno. Então, ou seja, tu tens duas situações: é o Sol com um planetinha bem pequeno só que bem próximo e o Sol com um planeta bem grande e bem longe do Sol né...qual das duas situações teria a maior força de interação gravitacional? Então tu colocaria os alunos a pensar né, eles iam fazer relações ali, ajudar eles a pensar fisicamente sobre isso aí. Depois aplicaria os dados pra saber qual

o...depois tu podia até aplicar né...fazer algumas relações com a questão matemática também pra mostrar pra eles como é que...qual os dois que teriam maior interação gravitacional realmente...

Bom professor, sobre essas duas partes aqui a gente analisou fazendo relação com o texto 1. O texto 1 na página 14 aonde ele traz no item 3, ele traz uma ideia ali, uma instrução sobre, que diz assim ó: emitir hipóteses fundamentadas sobre os fatores dos quais podem depender a grandeza buscada e sobre a forma dessa dependência imaginando em particular casos limites de fácil interpretação física. Então a gente imaginou essas explicações baseadas nesse item do texto 1, aonde o trabalho, aonde a gente trabalha com o ima maior, com o ima menor, um planeta, um determinado planeta interagindo com um planeta bem pequeno a uma distância bem menor, bem pequena, ou um determinado planeta interagindo com outro planeta que é bem maior que ele só que há uma distância bem grande. Então tu expõe o aluno a situações limites onde ele vai ter que buscar um raciocínio em cima disso. Ai depois sim tu traz as questões, tu traz o conhecimento matemática, a aplicação matemática pra mostrar pra eles onde é que eles estão, onde é que eles estão acertando e aonde é que eles estão errando, aonde é que eles estão pensando de uma maneira certa e aonde é que eles estão pensando de uma maneira errada.

L7 – Professor, agora é L7 que vai falar...agora eu vou passar para a terceira e quarta questão norteadora, até concluindo aqui o que L6 falou, na página 14 tem uma instrução ali, ali naquele tópico 3 tem várias instruções que valem muito bem para serem aplicados na situação de problemas desse tipo. A gente só levou em conta uma pra não prolongar muito a nossa explicação...e, agora aonde fala ali: escolha os exercícios propostos, um deles, pra modificar pra romper o habito dos estudantes de resolver os problemas mecanicamente. Eu pensei e escolhi os 4. Pra mim os 4 exercícios estão muito matematizados, inclusive o 3 ali não tem nenhum dado específico, números. Mas ali fala oito vezes a massa da terra, raio quatro vezes maior do terrestre, e assim por diante, eu acho que tá muito matematizado. Eles não estão pensando antes de responder, eles vão simplesmente aplicar na fórmula e vão achar o resultado e vão dizer: ahh, a força é maior ou a força é menor. Então nesse caso o que eu pensei: como L6 falou dos imas ali, eu poderia fazer um exercício do tipo assim ó: vários corpos de massas diferentes e pedi-los para que o interpretasse qual deles que a força seria maior ou menor. Por exemplo: entre o Sol e a Terra e entre a Terra e a Lua, qual das duas forças que é maior? Com certeza eles alguns diriam que entre a Terra e a Lua a força é maior porque tão mais perto. Outros diriam não, entre o Sol e a Terra é que é maior porque o Sol a massa é maior. Como que eles teriam certeza do que tão falando? Matematicamente. Não tem como imaginar alguma coisa por que as vezes a força tem pouca diferença, por mais que esteja muito distante ou por conta das massas variarem e a distância variar. Então a gente tem que fazê-los pensar pra depois aplicar a matemática, e não aplicar a matemática pra depois pensar, que eles dificilmente pensam, então depois que eles acham um resultado numérico eles não vão querer mais pensar, dificilmente. Até no texto 2 tem uma parte que eu

achei interessante aqui, eu queria até comentar...que aonde ele fala da quantificação ali, de uma supervalorização da quantificação, uma parte de uma opinião do texto 2, diz assim: geralmente os problemas quantitativos são um meio de treinamento que ao familiarizar os alunos com um manejo de uma série de técnicas e algoritmos ajuda-os a fornecer-lhes os instrumentos necessários para abordar problemas mais complexos e mais difíceis. A quantificação por sua vez, permite estabelecer relações simples entre as diversas magnitudes científicas, o que facilita a compreensão das leis da natureza. Ou seja, como eu falei aqui antes, a gente vai pensar primeiro na força, qual que é mais forte? A Terra e o Sol ou a Terra e a Lua? Qual a interação mais forte? Com certeza inicialmente poderiam errar, mas eles não saberiam dizer especificamente o modo dessa força. Mas tendo o valor da massa Terra, da massa da Lua e tendo a distância entre a Terra e a Lua e a Terra e o Sol, eles poderiam calcular e saber, e eles iriam compreender qual das duas é mais forte, e iriam entender nesse caso que tem que levar em conta a distância e as massas, não simplesmente aplicar os problemas sem pensar qualitativamente. Mais abaixo do texto, essa parte do texto que eu falei é da página 188 do texto 2. Também tem uma parte do texto que é interessante: os alunos consideram ter resolvido um problema quando obtém um número, no caso uma solução matemática, sem parar para pensar no significado desse número dentro do contexto científico no qual está enquadrado o problema. Então, como eu falei antes, aqui no texto também com certeza as pesquisas mostram que os alunos achando um número como resposta eles já ficam satisfeitos, a maioria dos alunos, não vou dizer todos, mas generalizando os alunos pensam dessa forma, achou uma resposta matemática tá bom. Então por exemplo, quando eles encontram uma distância percorrida negativa eles não imaginam que tá errado aquilo ali, porque distância não pode ser negativa. Ninguém anda 10 metros negativos, e eles respondem isso e por eles tá bom porque a matemática pode dar negativo, mas na física espaço é...tamanho, comprimento não existe negativo, e eles normalmente interpretam assim.

Então, agora na quarta questão: o que você diria se o professor resolvesse discutir o problema apenas de maneira conceitual, sem exigir que os estudantes resolvam problemas que envolvam a matemática? Eu diria, o nosso grupo aqui, a gente discutiu que a maneira conceitual deve ser muito bem explicada antes, muito bem conversada antes, pra que os alunos aprendam a usar os dados matemáticos de maneira racional, não mecânica, não simplesmente aplicando a fórmula e achar um resultado matemático sem saber o que aquele resultado significa. Então eu acho que é isso que a gente queria responder professor.

L6 – Professor, aquela, ali nas primeiras partes também quando a gente vai, quando o professor vai fazer a explicação da matéria ali né, aquela analogia feita com imas ali é importante porque assim ó...não só pra trazer o conteúdo mais próximo da realidade do aluno, de alguma coisa palpável, que ele tenha contato com o conhecimento, o professor pode fazer também de maneira prática na sala de aula né...e uma coisa assim é...a reação de imas ali...ele pode até mostrar pro

aluno, pode até mostrar pro aluno de maneira análoga o efeito do inverso do quadrado da distância. Por quê? Porque o ima, quando tu aproxima o ima, tu afasta o ima um do outro, tu pode perceber que ele, que a força de atração ela não é linear, em uma certa distância parece que não atrai mais, ou ele começa a atrair com bastante força a partir de certo ponto. Então mostrar pra eles que esse tipo de interação não é uma coisa linear, não é uma coisa que ele vai atraindo devagarzinho até chegar num ponto que fica forte, ou vai afastando e vai diminuindo conforme ele afasta. Não, ele vai mostrar pra ele que conforme vai afastando o ima um do outro essa força ela vai diminuindo razoavelmente bastante né...então até chegar a partir de uma certa distância até não muito grande ele simplesmente não atrai mais, então tu pode até mostrar aquela relação matemática, depois né, posteriormente, tu pode mostrar pra eles onde é que se encontra aquela relação matemática que fala do...que a força é inversamente proporcional ao quadrado da distância. E também assim ó...aquelas outras relações que a gente faz com os planetas maiores, menores, ou até o ímã mesmo maior ou menor, como o L7 até falou no outro exemplo dele ali, é bom também pra que eles percebam que essa força é uma força que depende da massa e não do volume. Então, é uma coisa que tu também já vai trabalhar pra eles começar a diferenciar isso. É isso, fechou.

P – Perfeito pessoal do Grupo C, L7 e L6 né, que estavam aí né?

L6 – L7, L6 e L8.

P – Cadê L8?

L6 – L8 tá aqui.

Professor – Oi L8, se tá escondida aí...tá bom! Tá bom, perfeito, fizeram boas observações, boa análise, fizeram relações com o texto. Eu tenho um comentário a fazer em relação ao ima, dessa analogia com o ima. Na verdade eu não vou fazer esse comentário. Eu vou jogar pro fórum tá, pra todos os grupos...eu gostaria que todos os grupos pensassem tá...essa analogia com ímã é uma boa solução tá, mas ela tem limitações, tem algumas limitações e tem alguns aspectos que ainda poderiam ser apresentados, explorados, que nem o pessoal de Criciúma nem o pessoal de Tubarão que colocaram a analogia chamaram a atenção. Então eu jogo pros outros, vamos ver quem consegue pensar nessa crítica, quais são os problemas relacionados com essa analogia tá, e a gente joga essa discussão para o fórum. É...vamos passar então pra...bom, terminamos a análise da situação 1, agora vamos passar pra análise da situação 2 tá...a situação 2 começamos então pelo Grupo D agora de novo...é o grupo D: L16, L9 e L17. Estão todos aí?

Grupo D

L9 – Ok, sim! Estão todos aí professor.

P – Ok! Vamos lá! A situação 2 não é de mecânica né, é de eletromagnetismo. Vamos lá!

L9 – Tá...então, como tá no material né, ele tá falando sobre uma abordagem...uma aula abordando força magnética é...onde na primeira aparte ali tem a explicação, uma representação de como seriam...de como seria essa força magnética...depois o professor faz a...faz a, dá a equação né, dizendo o que é essa força, depois ele faz uma representação pra explicar através de uma regra, de uma exposição é...prática, mais prática, de como se comportaria essa força, ele utiliza a regra da mão direita, em que as componentes que fazem com que essa força magnética apareça na representação do uso do polegar com o sentido da corrente, o restante dos dedos da mão como o vetor indução magnética e a palma da mão é justamente essa força magnética. Mais a frente ele propõe a situação em que o ângulo é...em que esse condutor tá sendo é...oscilado, posicionado, conforme esse condutor que está sendo exposto uma indução, que tá circulando uma corrente, vai propor um ângulo de posição em que quando for zero ou 180 essa força é nula. E aí ele propõe um exercício, de início conceitual e depois, ainda dentro do questionamento, no questionamento a eu fiquei com uma dúvida por que diz lá: represente graficamente a força...e pelo que tá no material que eu li não seria uma representação gráfica, seria uma representação pictórica né, por que não tá envolvendo é... por que não tá envolvendo é eixos, não tá envolvendo grandezas em que vai aparecer uma função matemática, então eu acredito que é uma representação pictórica de início...

P – Tá certo!

L9 - ...e depois é...e depois no item D né...ele coloca a situação de qual seria né...ele usa a matemática, usa a equação, usa a matemática pra explicar qual seria essa...quanto seria, qual o valor dessa força. Depois ele propõe uma tarefa pra casa, também pictórica né, essa é bem característica, bem pictórica né, de acordo

com o material que foi disponibilizado né... a força lá no item A é $3 \times 10^{-3} \text{ T}$ é...na questão B, aliás na questão para casa acreditamos ser a resposta D a correta, e aí vamos as questão norteadoras para a composição dessa aula.

Então a primeira questão: durante a explicação da lei matemática para a força magnética como o professor poderia auxiliar os alunos a compreenderem as relações entre os conceitos físicos envolvidos? Primeiro, como pré-requisito para trabalhar com força magnética, e tem o conceito de corrente elétrica dentro...dentro de força magnética, é pré-requisito que o aluno tenha conhecimento da parte que antecede esse conhecimento que seria a definição dos conceitos de corrente elétrica, tensão elétrica, resistência, os conceitos básicos né. É...configuração também lá de carga elétrica, elétrons, e isso é pré-requisito. E o que a gente respondeu sobre, o grupo respondeu sobre esse questionamento é que o aluno tem que ter consciência, quer dizer, o professor tem que passar, ele tem

que tentar trazer isso de que a essência de um sistema de força magnética é a existência de uma carga elétrica que depende do meio né, seja ele o condutor, o ar, porque você não consegue como diz, força magnética não tem cheiro, não tem cor e você não sente, você tem a sensação... Então você tem que tentar trazer isso como essência, de que tudo começa, se eu não tenho ímãs, tudo começa, se eu quero trazer isso para uma aplicação, mais tarde no eletromagnetismo, eu tenho que ter que a essência, ou que a existência de carga elétrica é determinante na constituição de força magnética.

No segundo questionamento né, como o professor poderia abordar a resolução do exercício exemplo de modo que explicita qual é o papel da relação matemática para o pensamento físico, em outras palavras, por que a lei matemática tem a

“cara” $F_m = iLB\sin(\theta)$ no caso da força magnética? De início, a gente sabe que a disciplina de INSPE tem ajudado bastante, o professor já citou isso e os colegas aqui também já né, mas uma coisa que dá pra ser abordado né, e isso também tá naquele texto que foi deixado que seria a heurística né, e também trata do estudo da história da ciência. E de início quem acidentalmente chegou a conclusão de que carga elétrica teria alguma conexão com o magnetismo foi o Oersted, naquele experimento acidental em que ele...uma pilha de volta num circuitinho, num circuito, resistência, não lembro, mas que ele percebeu que ao circular uma corrente elétrica num circuito, ao aproximar casualmente uma bússola ele percebeu que o sentido de fluxo de carga era o mesmo o sentido para onde a bússola apontava. Então, o somatório de várias parcelas resulta da multiplicidade de uma parcela maior que representa um ponto. Se este ponto for o final, o norte da agulha que acidentalmente Oersted conceituou na relação do sistema corrente elétrica versus indução magnética em que tem-se o sentido da corrente induzida pela deflexão da bússola, houve portanto uma análise, depois né, porque isso foi um primeiro, uma conceituação, não se tinha matemática né para se explicar isso, mas depois houve uma análise vetorial né, matemática, adaptando-se a situação, em que resultou em um vetor né...então com isso, logo força magnética resulta da ação de cargas ao longo de um comprimento de um meio condutor imerso numa intensidade de indução entre dois ímãs, gerado, gerado para um sistema de ímãs né, em que esse condutor vai se posicionar né...com isso então temos a definição dessa fórmula.

Questão 3: Proponha um exercício de maneira que ajude a romper o hábito dos estudantes em resolver os problemas mecanicamente. Então, na verdade a gente não encontrou um meio é...diferente assim né. O que eu acho muito interessante e que a gente abordou aqui e depois eu vou deixar no material, é essa abordagem pictórica né, que tá no item A desse mesmo material que nós estamos estudando, que estamos debatendo, que não é uma representação gráfica, é uma representação pictórica, que é a melhor maneira assim de dar uma ideia né, de dar um pontapé na matemática né, e principalmente na conceituação utilizando da mão né, que muitas vezes depende, que uns usam regra da mão direita, outros regra da mão esquerda mas, eu acho que regra da mão direita fica bem claro, fica

bem tranquilo, e que foi um exercício que a gente adotou né. Implicitamente então oportuniza um trato matemático.

E a questão 4, O que você diria se o professor resolvesse discutir o problema apenas de maneira conceitual, sem exigir que os estudantes resolvam problemas que envolvam a matemática, como o exercício deixado como tarefa?

P – Só um minuto, só pra...antes de passar para próxima...quem tá falando?

L9 – L9!

P – Oi L9 Tá é L9. L9, só para deixar claro, a proposta que você colocou aqui no item anterior de trabalhar com essa fórmula relacionando com o experimento de Oersted a partir de uma abordagem histórica da ciência...

L9 – Isso!

P - ...você falou que isso está relacionado com um dos textos lidos, mas qual texto? Acho que é com INSPE né? É com INSPE?!

L9 – Se eu não estou enganado nesse habilidades técnicas versus habilidades estruturantes eu vi a palavra heurística em algum lugar.

P – É heurística...

L9 – É na página 183, no segundo parágrafo.

P – Página o que? Qual página?

L9 – 183!

P – Tá bom! Então essa abordagem que você deu seria uma abordagem heurística né?

L9 – Isso!

P – Tá, ótimo, tá claro...perfeito, pode continuar.

L9 – Tá, então a questão 4: O que você diria se o professor resolvesse discutir o problema apenas de maneira conceitual, sem exigir que os estudantes resolvam problemas que envolvam a matemática, como o exercício deixado como tarefa? Nesse caso, o grupo, a gente chegou num consenso, de que as questões iniciais, a exposição inicial de uma aula né, tem que ser usada de forma conceitual, tentar abordar de forma conceitual, para dar entrada no assunto, para dar um ponta pé né...mas após né...eu vejo assim, que não tem como deixar a matemática né, você não consegue né...então após gerar uma resposta de aplicação real né, porque você

vai conceituar, você vai no caso da pictórica ou no caso da heurística você vai abordar de início, mas você vai ter que dar uma aplicação real né, e isso também fala nesse texto que foi deixada, que vai complementar o conhecimento o conhecimento né, usando a linguagem matemática né. Então não tem como você...você começa conceitualmente para motivar, para trazer o aluno para aula, e depois vai costurando pelas beiradas para a matemática, qual a função da matemática? Realmente é prepara para a área das exatas de forma que tenha aplicação. Uma coisa que também a gente viu assim é que muitas vezes não há aquele contato né, entre professores de matemática e professores de física para que haja esse direcionamento do que vai ser aplicado, no caso, do uso da matemática para a física né, no ensino médio, diferente do nosso curso que nas cadeiras de cálculo realmente ficou bem claro assim para onde que seria aplicado a matemática.

P – Ok, ok! Muito bom, muito bom! É...eu acho que essa relação com os textos...vocês chegaram a ler o texto do Gil-Pérez, o texto 1, o que acharam?

L9 – É...na verdade assim, Eu vou ser sincero, eu li o texto 1, fiz uma porção de anotação, dei até um questionamento no fórum, não sei nem se é pertinente, mas é...eu tentei assim é...sintetizar. O grupo também tentou assim sintetizar as ideias e trazer essa dinâmica aí.

P – Tá ok L9, obrigado! É...tá! Vamos passar então para o Grupo E.

Grupo E

L10 – Oi professor!

P - Olá moças do Grupo E. L11, L12, é um grupo só aqui, e o L13. O L13 tá aí também?

L10 – Não!

P - Então só as moças. Então, vocês também ficaram de comentar, fazer uma análise da situação 2, o que que acharam?

L10 – Então professor, na primeira parte sobre como o professor poderia auxiliar os alunos a compreenderem as relações entre conceitos físicos envolvidos?, nós não fizemos uma análise como o Grupo D, nós fizemos uma análise mais teórica, de acordo com os textos lidos. Então, um pouco do texto 1 e um pouco do texto 2 a gente foi selecionando e a gente pensou assim: é...o professor teria ter que abordado mais propostas construtivistas porque ele colocou ali um problema fechado com dados e abordou bastante a matemática. Daí nós achamos uma frase que diz ali o seguinte: nenhum cientista pensa com fórmulas...é...os cientistas quando eles constroem os conceitos, as teorias físicas eles agem como

investigadores, então o professor deve tentar incentivar no aluno essa postura de investigadores, então não dar para ele tudo pronto, porque, ali de acordo com o texto ele fala sobre o operativismo abstrato...esse operativismo abstrato que é treinar o aluno para ele responder as coisas é...citar um problema sendo que o aluno já sabe como resolver aquele problema...inclusive no texto fala que muitas vezes o aluno vai responder aquele problema até de olho fechado de tantas vezes que ele já resolveu. Isso fica sem significado e não contribui de maneira nenhuma para uma aprendizagem significativa, não clarifica os conceitos, e traz um tratamento superficial. Além disso, para que o professor faça o aluno entender melhor as coisas, além, se ele aplicar um problema matemático o ideal é que ele faça diferente do que ele fez, mas depois que ele aplicou a parte matemática dependendo do problema, ele tem que fazer a análise de resultados. Fazendo a análise de resultados ele vai supor hipóteses e ele vai conseguir fazer com que o aluno entenda melhor aquilo que ele colocou sem colocar uma matemática e pronto, resolveu o problema e acabou a história. Também no texto fala sobre os questionamentos...algumas vezes os problemas são tão lógicos que o aluno não precisa nem questionar. Não questionando ele não consegue entender o que que ele tá fazendo. Ele só aplica os dados na fórmula e acabou. Aí na página 10 tem uma parte do texto [Gil-Perez et al (1992)] que nós gostaríamos de citar sobre isso que eu estou falando que fala assim: resolver um problema consiste em encontrar um caminho previamente não conhecido, encontrar uma saída para uma situação difícil para vencer um obstáculo, para alcançar um objetivo desejado que não pode ser imediatamente alcançado por meios adequados. Então é...fala sobre a existência de dificuldades ali. Não precisa ser intrínseca a existência de dificuldades, mas o caminho se ele não tiver lógica o aprendizado não vai acontecer. Então, esses problemas é, tem que...o professor deveria então instigar esse comportamento investigador no aluno, incitar o aluno com mais questionamentos, para que o aluno não resolva esses problemas ali de maneira abstrata. Ainda mais nessa parte aqui na nossa situação número 2 que é sobre o magnetismo que é uma coisa um tanto quanto abstrata, porque o aluno não consegue ver isso na sua prática, então ele vai agir mais pela matemática e mecânico e não vai conseguir entender direito o que ele tá fazendo se o professor não agir é...de acordo com essas concepções que foram colocadas nesses textos.

L12 – A parte do segundo questionamento que fala como o professor poderia abordar a resolução do exercício fazendo uma relação ali com a cara da função. Bom, eu achei uma parte do texto do Ricardo Avelar e do Maurício [Karam e Pietrocola (2009)], que fala sobre as relações trigonométricas e as funções trigonométricas. Diz assim ó: o aspecto essencial que justifica a presença das funções trigonométricas é a periodicidade dos três fenômenos modelizados. E ele dá ali no texto três fenômenos como modelo. Cabe destacar que é uma conveniente alteração permite escrever fórmulas em função de seno ou cosseno, uma vez que a periodicidade dessas funções é a mesma. E o professor ainda poderia melhorar essa explicação, ou seja, clarear mais para o aluno a relação do seno sem usar tanto a relação trigonométrica explicando pra ele o conceito físico,

que quando a força é nula quando a corrente tem o sentido paralelo ao campo, no caso quando o campo faz um ângulo de 90 graus com a corrente, logo exclui o seno. Sendo uma relação vetorial entre o campo e a corrente, pois ela age em todo o comprimento L. Então fisicamente não pode existir corrente paralela ao campo, por isso é feito uma relação com o seno porque daí exclui a possibilidade do paralelismo né.

L11 – Bom, sobre o terceiro questionamento que nos diz para propor um exercício que ajude a romper o hábito dos estudantes em resolver os problemas mecanicamente. É...exercícios que tem essa característica de romper o método mecânico e matemático são problemas abertos né, que segundo o texto, segundo o primeiro texto, texto 1 [Gil-Pérez et al (1992)] diz que a inclusão dos dados no enunciado obriga o aluno a buscar equações que relacionem esses dados em equações matemáticas e assim caem num operativismo. Então para evitar isso a gente pensou em usar até o mesmo exercício, o exercício 2 que tem na situação, que o professor acabou deixando como tarefa para eles a gente pensou em usar...o mesmo enunciado do problema e a figura, aí lançando hipóteses de forma a deixar ele mais aberto e lançando hipóteses como por exemplo a primeira: letra a) qual a direção e o sentido que a força F na situação é...qual a direção e o sentido que a força F teria na situação que foi dada no enunciado; letra b) o que ocorre com a força se o sentido da corrente elétrica for invertido; letra c) o que ocorre com a força se o sentido do campo magnético for invertido; letra d) o que ocorre com a força se o valor da corrente que passa pelo condutor for duplicado. Que aí dessa forma o aluno vai investigando o que que vai acontecendo com a força de acordo com os outros componentes que tem na situação como o próprio campo magnético e a corrente. E também nessa última questão ele tem a oportunidade de usar a equação matemática para ver é...o que que acontece quando a corrente é duplicada, o que que ocorre com a força. Ele relaciona tanto o conceito com a parte matemática, sem usar os dados mecanicamente e sem cair no operativismo.

L12 – E a última questão ali da proposta é...se a gente fosse discutir o problema apenas de maneira conceitual, sem exigir que os estudantes resolvam problemas que envolvam a matemática. Essa parte na nossa concepção com certeza seria possível, até pela analogia que a L11 fez no exercício, e ainda achamos uma parte no texto que faz essa relação. Na verdade a matemática ela é uma ferramenta da física e não parte importante no ensino de física. Então eu achei uma parte na página 194 do mesmo artigo do Ricardo Avelar que diz assim: o ensino de física deveria dar aos estudantes uma visão da natureza da física como uma atividade de modelização treinando-os para que se tornem capazes de construir e interpretar modelos. Então na verdade o ensino deveria de dar essa visão pro aluno né...e não simplesmente a matemática pela matemática e sim a matemática pela física né. Seria isso professor a nossa contribuição.

P – Pessoal do Grupo E muito bem, muito bem feitas as relações com o texto, ideias muito boas...é...a gente tem aí 15 minutos, o T1 gostaria de colocar algumas

coisas, eu também vou fazer alguns comentários rápidos e aí eu espero que agora a gente tenha duas semas no fórum bastante ricas em discussão. Eu só vou fazer dois comentários antes de passar para o T1, geral para todo mundo agora gente. Oi gente, pronto, agora temos visual. Eu vou só levantar alguns aspectos tá. O texto 2 tem um conceito aí novo, não tão fácil...alguns grupos usaram esse conceito, não explicitamente, mas usaram, deu para perceber. Eu gostaria de chamar a atenção para ele que é um conceito muito importante para participar dessa discussão tá, que é o conceito do papel estruturante da matemática. Se vocês puderem quando lerem o texto 2 prestarem bastante atenção sobre o que o Karam e o Pietrocola estão chamando de papel estruturante...eles estão chamando a atenção para que há um outro papel da matemática além daquele de usar a matemática como ferramenta para chegar num resultado numérico tá. Isso tem a ver, acho que o grupo E colocou isto muito bem com esta questão última que nós colocamos nas questões norteadoras. Agora, eu fiquei curioso com uma coisa...não vai dar tempo de a gente discutir isso agora, mas a gente ficou um pouco...decepcionado com o, quando a gente colocou aquela questão para vocês, aquele probleminha, pegadinha né, aquele probleminha lá, a gente sabia que todo mundo ia errar, todo mundo erra aquele problema tá, aqui no presencial em todos os semestres que eu tenho trabalhado é...mas a gente achou que vocês acabaram não entrando muito no fórum para discutir realmente como resolver aquele problema, quer dizer, qual é...tem duas questões: primeiro por que erraram, quer dizer, por que todos erraram, e é uma questão que tem muito mais a ver com a didática eu acredito, com a questão didática, com a questão metodológica do que com a questão de falta de conhecimento de física. E a outra questão é realmente como é que resolve isso então tá...quer dizer, ninguém realmente discutiu isso...bom se tá errado e a resposta não é 100 e nem 75 qual que é a resposta, como é que se chega em uma solução para aquele problema tá...são os dois comentários que eu queria fazer. Vou passar para T1 então...

T1– Eu acho que o professor resumiu bem as ideias...eu acho que só reforçar essa questão da ideia do papel estruturante ali porque tem muito a ver com as perguntas ali em geral dos dois problemas, das duas situações, a pergunta 2 que tem a ver com entender qual é a “cara”, por que determinada equação tem essa “cara” para representar esse fenômeno...e a outra pergunta é...bom essa relação de tirar a matemática, até que ponto eu tirar a matemática realmente isso é física...essa discussão é importante a gente ter claro. Então só um comentário para de repente ajudar, eu acho que o pessoal do grupo E conseguiu trazer essa relação, pelo menos explicitar ela um pouco melhor, essa ideia do papel estruturante quando ela comentou, por exemplo, o texto deixa clara a ideia de estruturante quando ele comenta, por exemplo, sobre as funções trigonométricas né, que ela comentou...então por exemplo, uma possível pergunta que poderia ser feita para os estudantes é bom: nessa equação da força magnética aparece um seno ali né, aparece um ente matemático o seno de um ângulo. Eu poderia trocar por cosseno, por exemplo? O que implicaria em eu trocar por cosseno? Por que que eu posso trocar? Ou eu não posso trocar? No outro exemplo a gente tem funções que

dependem é...tem uma função, a função da gravitação, da força gravitacional depende do inverso do quadrado da distância mas...poderia depender do inverso do cubo? Por que que isso não acontece? Ou do inverso de alguma outra coisa? Ou ser diretamente proporcional à distância? Então é esse tipo de coisa que é a habilidade estruturante que o texto chama a atenção, são as habilidades de reconhecer essas estruturas matemáticas, qual é a função delas nesse contexto, e se você entender qual é a função dela nesse contexto você pode conseguir usar essa mesma função, esse mesmo ente em outro contexto que você julga importante, que você julgue que seja similar né, que seja uma situação similar...

P – E nesse sentido, a ideia de papel estruturante da matemática significa que nós estamos usando a matemática na física e no ensino de física mesmo quando não estamos necessariamente resolvendo exercícios no sentido de fazer cálculo...quer dizer, mesmo que não estejamos fazendo cálculo ainda assim a matemática está presente tá...porque uma ideia bastante comum é usar a matemática só aparece quando estou fazendo o cálculo necessariamente. Se eu não estiver fazendo cálculo, se eu não estiver colocando as contas, colocando os números e resolvendo eu não estaria usando matemática. Quer dizer, o que a gente viu aqui nas discussões, vários de vocês trouxeram essa ideia e a ideia que o T1 tá chamando atenção que tá relacionado com o conceito de papel estruturante quer dizer, eu estou usando a matemática sim quando estou fazendo uma discussão conceitual com base matemática tá, e aí que entra o papel estruturante da matemática. Eu acho que a gente tem 5 minutos, como ficou mudo aquele início eu vou explicar rapidamente de novo...essa VC faz parte de um conjunto de atividades que está acontecendo já há duas semanas, e tem mais duas semanas, tem essa semana que se inicia amanhã e mais uma outra semana e nós finalizamos a disciplina. Essa quatro semanas nós estamos tratando dessa temática de problemas, de resolução de problemas do ensino de física e o papel estruturante da matemática. Nós colocamos as duas primeiras semanas apenas a leitura dos textos e tiramos o fórum, a obrigatoriedade, sabendo que vocês teriam uma prova de mecânica ontem tá. Por isso o fórum não foi avaliativo. Queria dizer que amanhã o fórum passa a ser avaliativo normalmente, e eu queria chamar a atenção para isso. Ao longo de toda a disciplina, a avaliação dos fóruns tem sido diferente porque nós temos considerando que há uma participação progressiva de vocês nos fóruns. Há uma aprendizagem de vocês ao longo de cada fórum. Então no primeiro fórum, lá no começo da disciplina, basicamente o que vocês fizeram: colocaram as informações nos posts. Depois começaram a debater mais as relações, as falas dos outros colegas a fazer comentários. Depois houve fóruns em que o texto lido passou a fazer parte da argumentação de vocês no fórum. O que faltou...agora nesse próximo fórum que se inicia amanhã tá, que é um tópico B do mesmo fórum que já está aberto tá...nós vamos avaliar e esperar de vocês mais dois aspectos de avanço: primeiro, que vocês além de trazerem as ideias do texto comentem as ideias trazidas. O que aconteceu no último fórum é que os alunos traziam um trecho do texto, colocava lá sua postagem, colocavam ente aspas, faziam tudo bonitinho a citação e tal, a gente via que o trecho trazido era coerente

com o que estava sendo discutido, mas o aluno que colocava aquilo não comentava. Então, no fundo, quer dizer, a participação no fórum é a sua voz que está ali, quer dizer são as suas ideias tá. O texto entra porque você tá usando o texto para expressar também as suas ideias, quer dizer, naquele momento você tá concordando com o texto mas precisa ficar claro qual é a sua interpretação daquelas ideias, precisa ficar explícito como que você liga aquele trecho que você colocou com a discussão que está sendo realizada tá...mais ou menos como foi feito hoje na...por vários grupos durante a VC. A gente vai avaliar isso agora no próximo fórum tá. E uma outra tentativa e uma outra novidade nesse fórum que a gente vai estar avaliando agora, isso na segunda semana, não nesta agora, mas a partir da outra semana é a tentativa de a gente produzir uma síntese coletiva das ideias sobre esse tema. As ideias foram apresentadas agora na VC, ideias vão ser apresentadas ao longo dessa semana ao longo do fórum tá. Na última semana a ideia é a seguinte: como que nós podemos sintetizar tudo isso que foi colocado? Será que a gente pode fazer um lista de itens que seria mais ou menos consensuais para todo mundo tá?! Então cada um vai colocar ali na outra semana nessa ideia de síntese vai estar colocado no fórum o que acha que é, que resume a discussão, que pontos que foram consensuais ao longo de toda a discussão, tanto na VC quando nessa semana que se inicia agora no fórum tá?! Não sei se ficou claro, se alguém tiver alguma dúvida...aí nos estamos fechando a disciplina, hoje é nosso último encontro né, a última VC tá, ficou claro?

L2 – Sim professor. Eu gostaria só de colocar que em função da prova de mecânica realmente assim, todo o restante foi abandonado...eu gostaria muito de voltar naquela discussão com relação a aplicação do tempo lá e ir direto na fórmula, mas a gente pode acrescentar agora essa discussão no fórum também não pode? O senhor percebeu que é muito automático, é muito automático isso e os alunos fazem isso e a gente acaba fazendo a mesma coisa...é um erro grave eu acho...

P – Exatamente! Tá bom, tragam essa discussão agora. Também tem outro ponto. Se vocês lembrarem da aula do Modellus tá, lembra da aula do Modellus que a gente fez essa aula no presencial aí, foi na presencial tá...não sei se alguém teve tempo de mexer no Modellus de aprofundar isso, mas vocês viram o software. Então é uma outra ferramenta que a gente pode trazer que tá bastante relacionado. Vários de vocês lembraram a importância a relação dessa discussão com a modelização, e o Modellus é uma ferramenta que serve para isso. Então, talvez trazer a questão do Modellus também para o debate, tá certo?

L2 – Tá joia, obrigada professor.

P – Então bom final de semestre aí, temos mais duas semanas pela frente aí encerramos já desejando boas férias para todos tá...nos vemos em fevereiro em estágio tá.

L10 – Professor, é que tem bastante atividade sem nota ainda, atividades que faz tempo que nós fizemos e nós não sabemos qual é a nossa situação em relação a disciplina.

P – É...então, pedimos desculpas...há duas semanas eu prometi que ia colocar isso, nós conseguimos corrigir tudo agora, terminamos essa semana e agora tem o trabalho de colocar isso no ambiente agora. Mas vamos tentar fazer isso nos próximos dias tá. Sabemos que estamos atrasados, que estamos em débito. Vamos tentar regularizar essa situação o mais rápido possível.

ANEXO III

Fórum A - Troca de ideias [Resolução de problemas e o papel da Matemática na Física e no Ensino de Física]
por **T1** - terça, 27 novembro 2012, 19:40

Olá Pessoal! Para fomentar as discussões sobre a temática, propomos as seguintes questões sobre a Tarefa 1:

1. Resolva o problema da Tarefa 1 para 6 segundos e compare com o resultado anterior que achou para 5 segundos. O que você conclui?
2. A que se deve atribuir resultados errôneos tão generalizados em um problema como o anterior? O que podem indicar? O que sugerem?

P - terça, 27 novembro 2012, 20:15

Oi gente, para colocar mais lenha nas questões colocadas pelo **T1**, informamos que o resultado do exercício proposta não é nem 100m, nem 75m...

L24 - terça, 27 novembro 2012, 22:06

Quando resolvi para 5s encontrei 85m e para 6s encontrei 90m para a distância percorrida. Acho que o erro mais comum se deve a tentativa de aplicar a fórmula sem saber exatamente o significado de cada grandeza envolvida. Outro erro comum deve ser devido a falta de clareza com relação a conceito como deslocamento e distância percorrida. Espero ter chego nos resultados certos..hehehe

P - quarta, 28 novembro 2012, 07:16

Olá a todos, faço essa atividade há anos na Metodologia do presencial, e, às vezes, tenho como alunos estudantes de mestrado e doutorado em física que estão fazendo a licenciatura, e praticamente todos erram esse problema. Quando digo que os resultados encontrados não são os corretos, a maioria consegue repensar o problema e resolvê-lo. Mas a atividade foi feita justamente para problematizarmos isso: a prática de resolução de exercícios no ensino de física. Se se trata de um erro tão comum, em alunos que com certeza sabem física, conhecem bem esse conteúdo, o que leva ao erro, então?

L12 - quarta, 28 novembro 2012, 09:04

Na minha opinião é que normalmente e como no meu caso, nem pensamos no que estamos resolvendo apenas aplicamos as equações e simplesmente encontramos o resultado achando que está correto.
É aplicar a matemática sem utilizar o contexto físico.

L7 - quarta, 28 novembro 2012, 13:50

Um grande problema é a leitura do que se pede, minha resposta deu 100 metros, que é a posição após 5 seg., mas se pediu o deslocamento, temos que ver onde é o início ou seja a Si para sabermos qual o deslocamento que neste caso é 25 a

posição inicial e 75 o deslocamento... na minha opinião devemos tratar mais interpretação, e a imaginação dos alunos para que aprendam física de verdade e a aplicação de dados e só.

T1 - quarta, 28 novembro 2012, 16:20

L7, como o professor **P** postou, a resposta do exercício proposto não é nem 75 m e nem 100 m para 5 segundos. Veja as respostas da **L24**. Para 5 s, a resposta dela está correta. Para 6 s a resposta também não é 90 m!

Um ponto que nos chama bastante a atenção é quando comparamos os resultados obtidos para $t = 5$ s e $t = 6$ s. Alguém percebeu algo estranho nestes resultados?

L24 - quarta, 28 novembro 2012, 15:53

Oi ..eu vi que errei na matemática hehehe...para 6s a resposta é 100m

L10 - sexta, 14 dezembro 2012, 18:52

Olá **L24**!

Eu também errei na matemática! Isso muitas vezes acontece também com nossos alunos não é verdade? Acredito que o fator mais relevante para nosso erro, foi que fizemos o trabalho de maneira mecânica, sem interpretar o fenômeno físico.

L6 - sábado, 15 dezembro 2012, 01:58

Oi **L24**, eu errei na interpretação da equação pois é uma equação de segundo grau e necessariamente tem um ponto de retorno, mas não percebi isso. Estou falando da interpretação da equação mesmo.

L20 - quinta, 29 novembro 2012, 20:06

Olha, eu posso ser considerado um chato... mas para mim este problema não foi proposto de forma correta, principalmente pelo fato de ele estar sendo usado aqui para avaliar os erros dos alunos quando tentam resolvê-lo.

O fato é que o enunciado diz:

"Um objeto se move ao longo de sua trajetória segundo a equação: movimento. Que distância terá percorrido após 5 segundos? ("e" em metros e "t" em segundos)."

Ora, faltou definir em que momento começamos a contar os tais cinco segundos. Não está nem um pouco claro que o aluno ou nós mesmos, tenhamos que considerar o instante inicial como sendo $t=0$.

Se um aluno me dissesse: "mas professor... eu observei o objeto se movendo à partir de $t=1,5$ s e, após 5 segundos, ou seja, em $t=6,5$ s, percebi que ele estava exatamente no mesmo lugar!"

Bom, eu particularmente ficaria com cara de tacho...

E, para mim, isto serve para ilustrar que muito daquilo que consideramos óbvio na física, por estarmos tão acostumados com um "formato padrão" e com certas

"regras", pode e vai ser motivo de dificuldades para os alunos. Isso porque este tal formato padrão das coisas não tem nenhuma justificativa lógica. É tão somente uma convenção adotada e assimilada na base da insistência.

P - domingo, 2 dezembro 2012, 11:39

Olá a todos, o **L7** destacou um ponto importante: há uma diferença conceitual entre posição ocupada num dado instante, e deslocamento... Mas será que foi solicitado o deslocamento?

L22 - quarta, 28 novembro 2012, 20:36

Concordo com **L12**, pois geralmente lemos a questão e já vamos substituindo os valores na equação.

P - quinta, 29 novembro 2012, 07:37

Colocamos essa atividade provocativa para vocês pensarem simultaneamente como alunos (de física) e como professores ou futuros professores...

L18 - segunda, 10 dezembro 2012, 13:47

Acredito que a graduação, o mestrado ou o doutorado, como o sr. citou, talvez não sejam tão diferentes entre si, quanto deveriam ser... mas a questão então é qual a raiz do problema?

T1 - quarta, 28 novembro 2012, 23:45

Olá pessoal! Já estão disponíveis no tópico sobre a Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física o artigo do Gil-Perez et al (leitura 1) e uma situação de sala de aula sobre resolução de problemas (2 páginas). Estes materiais devem ser lidos até domingo, pois na próxima semana teremos outra leitura.

Continuando a discussão...

Pelos argumentos até aqui apresentados para os erros na resolução do problema da tarefa 1, parece que falta algo para além de saber resolver os cálculos e chegar a um resultado. **L24** argumenta que falta clareza sobre os conceitos envolvidos; **L12** e **L22** parecem argumentar que falta pensar no contexto físico, e não só "aplicar a matemática"; Para **L7** parece que falta compreender/interpretar de maneira correta o problema.

Mas a pergunta ainda continua: por que praticamente todos erram um problema aparentemente tão simples para nós? Será que ele está mal formulado? Até que ponto um problema como este de fato contribui para o ensino de física? Leiam a situação de sala de aula sobre a resolução de problemas disponível acima!

T1 - domingo, 2 dezembro 2012, 22:45

Olá Pessoal!

A Leitura 2 - Karam e Pietrocola (2009), tarefa desta semana, já está disponível no tópico Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física.

O fórum continua...

P - segunda, 3 dezembro 2012, 08:25

Olá a todos

lembrar nunca é demais:

na próxima VC, no sábado, teremos uma atividade em que as leituras dos dois textos e do ANEXO serão importantes, por isso colocamos um texto em cada semana. É importante deixarem em destaque ideias principais dos textos sobre:

1) resolução de problemas no ensino de física e 2) o papel da matemática na física e no ensino de física.

Qq. dúvida, utilizem o fórum.

abs

P

L1 - sexta, 30 novembro 2012, 17:43

Ao resolver esta questão matematicamente encontramos um valor que não está correto por falta de informação e também por falta de esclarecimento tanto nós professores quanto alunos muitas vezes não paramos para ler o problema com atenção por isso somos induzidos ao erro.

L14 - sexta, 30 novembro 2012, 21:14

Eu resolvi o problema com 6s e a resposta encontrada foi 85m, percebi que havia alguma coisa errada, porque tempo maior não poderia dar uma distância menor. A solução do problema é 85m para 5s e 80m para 6s. Acredito que os erros tenham ocorrido por falta de mais informações no enunciado do problema e também por se tratar de um problema dito como simples do ensino médio foi apenas substituído o valor no tempo e pronto.

T2 - sexta, 30 novembro 2012, 23:27

Gente, acho que a discussão está muito vaga. Depois de saber o resultado correto, vocês tentaram resolver novamente o exercício? Como fizeram? Como identificaram as grandezas?

L23 - sábado, 1 dezembro 2012, 14:05

Eu fiz do seguinte modo:

A fórmula para esse tipo de movimento é: $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$.

Como temos no enunciado $-5t^2$, conclui-se que a aceleração é negativa e o objeto está perdendo velocidade.

Para o 1º segundo temos: $25 + 40 - 5 = 60$. Então o objeto atingiu $x = 60$ m. A diferença para $x_0 = 25$ m é de 35 metros. No 1º segundo o objeto "andou" 35 metros.

E assim por diante... Desculpem se não era para descrever como se encontram os outros "x". (se é que é isso mesmo!)
Mesmo assim, ainda não sei dizer porque fomos (quase todos) cegamente substituindo "t" por 5.
Talvez faltou pensar um pouco mais...

P - domingo, 2 dezembro 2012, 11:37

Gente, vou levantar um ponto pra todos, a partir de uma afirmação do **L23**. Será que o fato da aceleração ser negativa na equação, significa que o objeto estará sempre perdendo velocidade?

L23, você diz que faltou pensar um pouco mais... mas pensar em quê? O que você acha que deveria ter pensado para resolver o problema?

L23 - domingo, 2 dezembro 2012, 13:44

Tem razão professor, aceleração negativa não implica em perda de velocidade. Na verdade depende do referencial que adotamos.

Quanto à sua pergunta, eu só consegui resolver depois de esmiuçar (e muito) esse problema.

Acha-se o resultado correto aplicando diretamente a fórmula. Mas para cada segundo temos que fazer um cálculo paralelo. Talvez não estejamos acostumados com isso. Estamos acostumados a resolver problemas, substituindo diretamente as incógnitas pelo seu valor e "quase sempre" dá certo. Eu diria até que aprendemos a fazer assim.

P - domingo, 2 dezembro 2012, 11:43

Sugestões e questões...

- alguém poderia fazer isso no modellus? (se tiverem tempo e quiserem fazer e não lembrarem como se usa o modellus, nos procurem)

- alguém fez o gráfico dessa função e poderia interpretá-lo?

- **L1** e **L14** falam de falta de informação no enunciado. Pode ser... Mas o que estaria faltando? O que acrescentaria?

L20 - domingo, 2 dezembro 2012, 23:42

Eu ainda acho que este exercício têm alguns problemas no enunciado. Vou insistir neste ponto porque meu comentário anterior não foi questionado ou comentado... então não sei bem o que os tutores/professor pensam dele.

Afora isso, o exercício tem ainda uma dificuldade intrínseca que induz aquele aluno acostumado à aplicação direta da fórmula ao erro.

Para mim os problemas com este exercício podem ser elencados desta forma:
1 - Problema de formulação do enunciado: O enunciado não deixa claro em que momento o aluno deve passar a considerar os 5 segundos.

2 - Problema associados à falta de pensamento físico e crítico e de matematização excessiva.

Então, começando pela parte da dificuldade quanto ao enunciado:

Um problema seria o fato de que o exercício pede ao aluno que calcule a distância do objeto após 5 segundos. Bom, como eu disse no comentário anterior, essa distância só poderá ser determinada se especificarmos em que posição ou tempo o aluno começará a contar os tais 5 segundos. Se ele começar em $t=0$ verá, pela aplicação direta da equação dada, que o objeto estará inicialmente em $e=25\text{m}$. Um aluno acostumado a pensar em termos físicos e não apenas matemáticos (raro), poderia conter seu impulso inicial de aplicar diretamente $t=5$ à equação do movimento e pensar se, dado que a equação é de segundo grau, este objeto não poderia ter mudado de sentido no meio do caminho. Se ele fizer isto, encontrando o vértice da parábola por exemplo, verá que tal vértice encontra-se em $t=4\text{s}$. Ou seja, o objeto realmente passou a “andar para trás” após 4 segundos. Então, para chegar a resposta pretendida pelo professor ele deveria somar o deslocamento (em módulo) entre $t=0$ a $t=4\text{s}$ com o deslocamento entre $t=4\text{s}$ e $t=5\text{s}$, chegando a 85m .

No entanto, o exercício falha ao não indicar QUE intervalo de 5s deve ser avaliado. Ou seja, mesmo que estivéssemos falando de um aluno astuto, que levasse em conta o fato de a equação ser do segundo grau, percebendo que o objeto retorna, ainda assim ele poderia ter dificuldade em acertar a resposta pretendida pois seria fácil encontrar um intervalo de 5s onde a distância percorrida fosse diferente de 85m . Por exemplo: entre $t=2\text{s}$ e $t=7\text{s}$ o intervalo é de 5s. Qual a distância percorrida entre estes dois pontos? Se aplicarmos $t=2\text{s}$ teremos $e=85\text{m}$. Para $t=4\text{s}$ temos $e=105\text{m}$. Por fim para $t=7\text{s}$ temos $e=60\text{m}$. Assim o objeto deslocou 20m e depois mais 45m no sentido inverso, totalizando 65m . Este resultado prova que não basta saber durante quanto tempo queremos analisar o movimento mas também a partir de que momento vamos considera-lo.

O segundo problema tem a ver com a falta de espírito crítico que permeia o ensino de física no Brasil. Os alunos não são levados a questionar os resultados e nem mesmo a raciocinar fisicamente. Uma aula de física muitas vezes consiste em uma aula de matemática em que apenas alguns tipos específicos de equações são invocadas e em que as variáveis destas equações recebem nomes bonitos como velocidade, aceleração, torque etc. Ao aluno é passada a impressão de que a física se resume àquelas equações matemáticas e não que elas são meramente uma ferramenta. Ou seja, são ferramentas que ajudam a solucionar um problema mas apenas o fazem se forem usadas corretamente. Neste sentido a Física é mais “temperamental” que a Matemática. A conta não só precisa estar certa. Ela precisa estar em sintonia com a realidade. Mas ainda assim a matemática é de importância fundamental. É por isso que eu costumo dizer que um matemático pode ser um físico medíocre mas um físico não pode se dar a este luxo com relação à matemática.

P - segunda, 3 dezembro 2012, 08:21

Olá a todos,

L20, você também levanta a questão do enunciado e avança apontando onde estaria o problema...

E os colegas, o que acham?

Vocês concordam com ele?

L24 - segunda, 3 dezembro 2012, 09:16

Eu concordo com o **L20**, com relação a clareza do enunciado. Eu escreveria.

Qual a distância percorrida pelo móvel nos PRIMEIROS 5s de movimento?

Concordo também quando ele diz que os alunos não são estimulados a analisar os resultados.

Acho inclusive que esse tipo de situação era o que deveríamos discutir muito mais nesse curso porque "aqui" temos uma situação que pode nos ajudar realmente a rever nossa prática.

L10 - sexta, 14 dezembro 2012, 19:09

Olá pessoal!

Respondendo a indagação do professor a respeito do problema do enunciado...

Acredito que o enunciado está fechado, e com os dados prontos também, mas além disso, além de melhorar o enunciado, ao final das explicações do problema matemático, poderia ter uma análise de resultados, para que o aluno (ou nós mesmos) pudesse elaborar suas conclusões e realmente pensar e entender o problema.

P - segunda, 3 dezembro 2012, 08:29

L20 e demais, o segundo ponto levantado abre uma questão para reflexão: as práticas de resolução de exercícios que envolvem matemática, poderiam ser diferentes? Em que aspectos? Como? Alguém poderia dar um exemplo?

T1 - quarta, 5 dezembro 2012, 12:33

Olá Pessoal!

- O que vocês estão achando das leituras destas semanas (Gil-Perez et al e Karam e Pietrocola)? As ideias que os autores trazem são pertinentes? Vocês conseguem perceber quais são as ideias centrais que os autores apresentam? Como apontariam que as ideias nos ajudam a pensar na situação sobre a resolução de problemas do EM e na tarefa 1 que está sendo discutida neste fórum?

L9 - sábado, 8 dezembro 2012, 09:04

Bom dia professor **P** e **T1**... com relação ao texto "Elaboração de um texto Alternativo" onde é citado: "resolver um problema consiste em encontrar um caminho previamente não conhecido, encontrar uma saída (saída) para uma situação difícil, para vencer um obstáculo, para alcançar um objetivo desejado que não pode ser imediatamente alcançado por meios adequados", isso seria

uma representação intuitiva ou uma concepção intuitiva? Por exemplo no meu ensino médio não tive um professor de Física para boas aulas e representações, concepções de Física. Tive habilitados, engenheiros, bacharéis em outras áreas que me fizeram não gostar da aula de Física mas continuei gostando de Física. Se o aluno não têm concepções, representações bem definidas, ou não possui boa base matemática (laguna) linguagem consistente lá no ensino médio e para o ensino médio, e ainda ao fazer um curso que as vezes lhe falta tempo para maior apreensão, contextualização, personificação, de que forma antever uma representação de qual resposta? Acredito que o debate dos exercícios ou da prova após feita a correção pelo professor seria uma ferramenta importante, pois os alunos em discussão com o professor poderia não induzir mas ater de onde os alunos (ou nós) erramos produzindo domínios. De alguma forma isso ajudaria na resolução de problemas tentando abranger não só números mas conceitos. Outro ponto ao final da citação que diz "alcançar um objetivo desejado que não pode ser imediatamente alcançado por meios adequados", quer dizer nem sempre estará explícita de forma que o enunciado atenda a resposta correta?

T1 - sábado, 8 dezembro 2012, 14:11

L9, quando você pergunta se o trecho mencionado é uma concepção intuitiva/alternativa não está claro para mim o que você quer dizer. Nos dois trechos citados por você do texto (Gil-Perez et al), os autores estão questionando a própria natureza do que seja um problema.

Por exemplo, considere o exercício a seguir:

Calcule a intensidade da força elétrica de repulsão entre duas cargas puntiformes $3 \cdot 10^{-5}$ e $5 \cdot 10^{-6}$ que se encontram no vácuo, separadas por uma distância de 15 cm. Considere K no vácuo como $9 \times 10^9 \text{ N}^2\text{m}^2/\text{C}^2$.

Você levanta uma abordagem possível que contribui para discutir os problemas, quando comenta que as provas ou listas após corrigidas poderiam ser discutidas com os estudantes, e acredito que isto seja um passo importantíssimo neste sentido. Agora pensem se o exercício proposto acima se encaixa na concepção de "problema" que o texto (Gil-Perez et al) traz. Será que o próprio exercício acima não poderia ser proposto de maneira diferente ao estudante contribuindo com o rompimento de resoluções puramente mecânicas? O que você e os demais colegas pensam sobre isso?

L23 - sábado, 8 dezembro 2012, 18:46

Se me permitem responder:

Esse tipo de enunciado não se encaixa na definição de problema (segundo Gil-Perez et al), porque traz muitos dados e para resolvê-lo é só aplicação de Fórmula. Já um problema do tipo aberto, (poderia até ter o mesmo enunciado, porém sem os dados), é um problema porque os alunos deverão formular hipóteses e assim, sua atuação teria um caráter mais investigativo.

[Mostrar principal](#) | [Editar](#) | [Interromper](#) | [Excluir](#) | [Responder](#)

L10 - sexta, 14 dezembro 2012, 19:13

Olá pessoal!

Para complementar a discussão, achei uma parte interessante do texto que diz "resolver um problema consiste em encontrar um caminho previamente não conhecido, encontrar uma saída para uma situação difícil, para vencer um obstáculo, para alcançar um objetivo desejado que não pode ser imediatamente alcançado por meios adequados".

Então, entendo, que um problema deve ter um pouco de dificuldade, não trazer os dados todos no enunciado, para que o aluno tente elaborar um raciocínio e construa o significado da resolução.

L6 - sábado, 15 dezembro 2012, 02:33

Isso mesmo **L10**, o texto 1 discute a natureza dos problemas, até que ponto o operativismo dos problemas fechados de mera aplicação de formulas atrapalha a construção a construção de conhecimento dos alunos sem contar a total abstração contida em certos problemas que não levam a aprendizagem alguma como citaram alguns colegas. O texto 1 sugere, então, seguindo uma concepção construtivista, o uso de problemas abertos e dá orientações de como trabalhar/aproveitar melhor esse tipo de problema para que, além de acabar com a abstração facilitando a construção de significados por parte dos alunos, possam ser motivadores para os alunos. Conforme o texto, o problema aberto leva o aluno a ter que analisar, investigar, levantar hipóteses para encontrar uma solução. A solução também tem que ser analisada para ver se é coerente com os conceitos físicos e as hipóteses podem levantar outras situações problemas que também podem ser analisadas pelos alunos.

L20 - sábado, 8 dezembro 2012, 22:46

Olá tutor. Para o seu questionamento a minha resposta é "sim". Concordo também com o colega **L23** que aponta que o texto sugere ao professor abster-se de dados numéricos.

Um indicativo importante do malefício que a inserção de informações deste tipo em problemas de Física produz é, por exemplo, o fato de que a maioria dos alunos (e eu fiz/sou parte desta maioria) considera que um problema, além de obviamente não poder fornecer dados em escassez, também não deve fornecer dados em excesso. Assim, procuramos usar todas as informações contidas no enunciado - e apenas as fornecidas - sob pena de considerarmos, de antemão, nossa própria resposta incorreta. Deste modo, deixa-se de lado a função primordial do problema, que é a investigação de um fenômeno físico para transformá-lo em uma investigação acerca do procedimento adotado pelo professor, seus motivos para inserir uma ou outra informação, onde na fórmula podemos encaixar tal dado etc. É um tipo de engenharia reversa que pouco tem a acrescentar em termos de conhecimento porque ela cessa no exato momento em que chega-se a um resultado numérico. Isto porque após chegar ao resultado,

o aluno dá-se por satisfeito e não prossegue em executar sua "engenharia reversa" até se deparar com os fenômenos físicos que deram origem ao modelo matemático utilizado no bojo do enunciado.

T1 - domingo, 9 dezembro 2012, 23:51

L23 e **L20**, seria interessante que vocês reescrevessem o exercício da maneira como estão pensando que ele se transformaria num problema na concepção do texto (Gil-Perez et al). Como seria o enunciado?

L24 - domingo, 9 dezembro 2012, 20:42

Concordo com os colegas que esse tipo de "problema" leva apenas a aplicação direta da fórmula dada sem nenhum tipo de análise mais relevante da situação. Penso porém que o mesmo problema pudesse ser utilizado com melhor proveito acrescentando-se outros questionamentos. Eu o usaria assim:

Calcule a intensidade da força elétrica de repulsão entre duas cargas puntiformes $3 \cdot 10^{-5}$ e $5 \cdot 10^{-6}$ que se encontram no vácuo, separadas por uma distância de 15 cm. Considere K no vácuo como $9 \times 10^9 \text{ N}^2\text{m}^2/\text{C}^2$.

a) O que aconteceria com a força se a distância fosse dobrada?

b) Caso a distância fosse dobrada e a cargas também fossem dobradas, a força ficaria igual a inicial?

Penso que esse tipo de pergunta leve o aluno a pensar a respeito dos resultados numéricos encontrados.

L18 - segunda, 10 dezembro 2012, 13:57

Pois é **L24**, é sobre isso mesmo que o texto fala. Cabe ao professor fazer o aluno pensar a respeito do resultado, questionar se é ou não coerente. É justamente o que a maioria de nós não fez.

Só provamos o que o autor descreve. Não devemos simplesmente usar a física ou a matemática, independentes uma da outra. Por isso o erro no problema proposto: usamos só uma delas e não as duas.

[Mostrar principal](#) | [Editar](#) | [Interromper](#) | [Excluir](#) | [Responder](#)

L1 - domingo, 9 dezembro 2012, 21:30

Caro **T1**, fazendo a leitura dos textos e pensando nas nossas discussões referentes a resolução de problemas acredito que estamos bitolados a resolver os problemas mecanicamente e que o mesmo acontece com nossos alunos. Então quando nos deparamos com esse tipo de problemas pensamos logo em resolvê-los usando todos os dados apresentados. Pois o que queremos é chegar no resultado sem fazer muitos rodeios.

Sendo assim, considere bem interessante essa colocação do autor " A matemático não deve ser para o Físico um simples fornecedor de fórmulas; é preciso que haja entre eles uma colaboração mais íntima. A física matemática e

a análise pura não são apenas potências limítrofes, que mantêm relações de boa vizinhança. (Poincaré, 1995, p. 9).

T1 - segunda, 10 dezembro 2012, 00:20

Pessoal, podemos continuar nossas discussões neste tópico. Lembro que vocês podem discutir este tema buscando outros textos/assuntos, como foi feito na VC de ontem (08/12), quando os grupos trouxeram ideias de história da ciência, epistemologia e modelos/modelização, ok?!

Continuando...

1. **L23, L20, L24 e L1**. As ideias que vocês trazem convergem para o fato de que o exemplo acima (exercício) que foi proposto não se enquadra com a concepção de problema apresentada pelo texto 1 (Gil-Perez et al).

Problematizando as ideias que a **L24** trouxe de como trabalhar o exercício, vocês (e demais colegas) diriam que as questões propostas o tornam um "problema" na concepção que o texto de Gil-Perez et al. apresenta?

2. Gostaríamos de esclarecer melhor este ponto: Durante as apresentações na VC me pareceu que é praticamente impossível retirar a matemática das explicações, estou enganado?

Quando falamos em trabalhar a física de maneira conceitual, até que ponto conseguimos tirar a matemática? O que significa trabalhar de maneira conceitual os conteúdos da física?

L3 - segunda, 10 dezembro 2012, 11:27

Olá a todos. Quanto as questões do item 2 colocadas pelo **T1**, recorro ao texto 2: "Os cientistas, mais especificamente os físicos, usam a linguagem matemática para estruturar seu pensamento (PIETROCOLA, 2002) e pode-se dizer que a Física é uma ciência que elabora modelos da realidade, os quais costumam ser altamente matematizados, e os confrontam com os resultados obtidos em seus experimentos"

Essa é uma das muitas partes do texto que demonstra, e eu concordo, a importância da matemática como ferramenta utilizada para o entendimento dos fenômenos físicos. Faz parte das habilidades técnicas necessária para interpretar o que acontece na natureza, embora não sejam suficientes, como o texto também afirma. Mas é extremamente importante o seu domínio. Assim, tendo a matemática como uma ferramenta a ser utilizada, assim como outras ferramentas, como softwares específicos que proporcionam gráficos, ou figuras em 3D, com maquetes digitais e tantas outras tecnologias que podemos tratar com ferramentas. Falta-nos as habilidades estruturantes, que é a capacidade de utilizar estas ferramentas, mais a interpretação física, conceitual do fenômeno de interesse e de posse deste conjunto de recursos é que se chega a interpretações físicas do mundo real. Ou seja, o tratamento conceitual é parte do caminho a ser percorrido para a construção do conhecimento que, fatalmente, irá passar pela matemática e por outras ferramentas disponíveis.

Entendo que o que se deve buscar são as habilidades estruturantes e a matemática participará como mais uma ferramenta.

Agora, além do desafio de interpretar o cenário e buscar a melhor forma de construir o conhecimento, vem o desafio de fazer isso com pouco recurso. O tempo disponível, as dificuldades dos alunos nas ferramentas básicas como um passivo, os recursos de mídias, a motivação, o interesse... bom acho que isso já é outra coisa... mas é necessário seu enfrentamento.

Grato.

L18 - segunda, 10 dezembro 2012, 14:09

É verdade **L3**! onde o autor coloca a expressão: "daqui em diante é só matemática" (ou alguma coisa parecida) dizendo que quando o professor de física começa a explicação/resolução do problema a tendência é mesmo separar a física do cálculo. E isso nem tem muito a ver com o que você descreve aí, mas sim com o professor e suas estratégias.

L19 - segunda, 10 dezembro 2012, 18:11

Olá **L3** e demais colegas!

Lendo os apontamentos, percebo que nós estamos muitas vezes de forma equivocada quando resolvemos problemas de Física, Matemática, Química e demais disciplinas, pensando tão somente em chegar num resultado numérico. Esquecemos que tudo envolve a relação entre o resultado numérico e análise destes resultados, quer seja por softwares através de simulações gráficas ou de refletirmos porque chegamos até ele.

Tentarei descrever o que ocorre com muita frequência, o professor de matemática quando trabalha com os alunos no ensino médio a função de segundo grau, apenas faz exercícios de cálculo puro. Já o professor de Física em muitos casos aplica tão somente as fórmulas. Os alunos e nós também muitas vezes queremos resultados numéricos sem entender o seu significado.

No texto "resolução de problemas situação anexo" o professor propõem um problema para turma resolver e discutir esta resolução, mas frustradamente não consegue fazer com que os alunos interliguem os resultados calculados com o que está acontecendo fisicamente.

Talvez, uma das soluções seria as que você mencionou, adquirir habilidades estruturantes para mudar o atual quadro do ensino de Física, ou de outras disciplinas.

Neste curso aprendi e estou aprendendo a melhorar as minhas técnicas de estudo e relacionar os conteúdos estudados aqui com o meu dia a dia, quando era aluno do ensino médio, muitos professores não relacionavam os cálculos matemáticos com o que realmente estava ocorrendo naquela situação-problema.

L10 - sexta, 14 dezembro 2012, 18:59

Olá **L19**!

Concordo com suas colocações!

Pelo que li no texto, o professor de física, deve mediar os conhecimentos para seus alunos, de maneira que eles se tornem investigadores em física, tal qual, como os cientistas estudam suas hipóteses.

Este problema proposto para nós, foi também um problema fechado, com o qual estamos muito acostumados a trabalhar, deve ser por este motivo que várias pessoas erraram a resposta. Também tivemos dados prontos no enunciado, e assim, seguimos da maneira como somos acostumados, e como nossos alunos também são.

Então, digo que, como professores de física, devemos levar em consideração esta atividade proposta para nossos trabalhos pedagógicos, e também levar em consideração, que devemos fazer nossos alunos pensarem, investigarem os problemas, para não criarem o hábito de resolvê-los mecanicamente.

L18 - segunda, 10 dezembro 2012, 14:03

Pelo que consegui compreender do texto que li (2), a física e a matemática não são independentes. Uma complementa a outra e ao se resolver um problema, as duas devem ser aplicadas.

Conforme o autor, para resolver um problema, inicialmente se faz o levantamento de dados, busca da fórmula, cálculo e análise do resultado, desta forma, ambas são utilizadas.

T1 - terça, 11 dezembro 2012, 14:09

Olá **L1** e demais,

Você traz uma citação de Poincaré do texto 2 (Karam e Pietrocola, 2009) que apresenta uma concepção de como a matemática se relaciona com a física. O texto 2 nos ajuda a compreender esta concepção. Como você, e demais colegas, interpreta o pensamento de Poincaré? Você concorda com ele?

Para fomentar a discussão sobre o tema, proponho outras duas citações. Uma de Galileu Galilei e outra de Poincaré:

A filosofia [leis da natureza] está escrita neste grande livro que está sempre aberto diante de nós: refiro-me ao universo; mas o mesmo não pode ser lido antes de termos aprendido a sua linguagem e de nos termos familiarizado com os caracteres em que está escrito. Ele está escrito em linguagem matemática e as letras são triângulos, círculos e outras figuras geométricas, sem as quais é humanamente impossível entender uma só palavra; sem estes meios vagamos num obscuro labirinto (GALILEI [1623]*, 1983 apud Karam, 2012, Tese. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-29052012-134910/pt-br.php>).

* É importante perceber que Paty (1989) apud PIETROCOLA, M. A Matemática como Estruturante do Conhecimento Físico. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.19, n.1: p.89-109, 2002. p. 93, afirma que para Galileu esta língua era basicamente a geometria. A evolução da ciência mostra que pouco a pouco a álgebra foi tomando o lugar da geometria, em particular com o

advento da mecânica newtoniana baseada na ideia de ação instantânea a distância.

Todas as leis, pois, provém da experiência, mas para enunciá-las é preciso uma língua especial; a linguagem corrente é demasiado pobre e aliás muito vaga para exprimir relações tão delicadas, tão ricas e tão precisas. Eis portanto uma primeira razão pela qual o físico não pode prescindir da matemática; ela lhe fornece a única língua que ele pode falar (POINCARÉ, H. O Valor da Ciência. Tradução Maria Helena Franco Martins. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995, p 91).

Como vocês interpretam as citações de Galileu e Poincaré sobre as relações entre a Matemática e a Física, ou seja, o que eles querem dizer? Vocês concordam com estes pensamentos?

L1 - terça, 11 dezembro 2012, 16:04

Olá **T1** e demais colegas.

Concordo com a citação feita no meu comentário anterior. Pois acredito que a Física e a Matemática devem caminhar juntas. Mas acredito também que os conceitos físicos devem estar relacionados a situações cotidianas a fim de que o instrumental matemático que o aluno conhece seja suficiente para o estudo de questões relacionados aos problemas físicos.

Penso que a eficiência na construção conceitual pode estar relacionado a escolha do contexto mais ou menos apropriado a situações, o que significa aceitar, que o desenvolvimento de determinado conceito não deva se dar unicamente sob a vista de um contexto característico e único. Caberá a nós professores analisarmos as condições da turma para escolher em que proporção relacionar os aspectos internos do conhecimento físico com o cotidiano do aluno.

L18 - quarta, 12 dezembro 2012, 14:53

Concordo sim, porém talvez não seja a matemática a única língua... e isso levanta uma questão: eu sempre "reclamei" que os alunos não sabem interpretar o enunciado das questões ou não sabem traduzi-lo para uma linguagem matemática. Depois daquele problema dos 85 m me incluo agora neste grupo, o mesmo grupo que eu reclamava.

Vou rever onde errei para tentar achar o ponto onde há uma falha. Alguns eu já posso citar: "leitura rápida demais", "julguei que fosse tão simples quanto o enunciado".

L3 - quarta, 12 dezembro 2012, 15:48

T1, demais colegas, v ou concordar com Poincaré, mas vou considerar a matemática como uma das ferramentas, assim como comenta nossa colega **L18** Evaristo e concordo também com as colocações dos demais colegas.

...sem essa linguagem (a matemática), a maior parte das analogias íntimas das coisas permaneceria para sempre fora de nosso conhecimento; e teríamos

sempre ignorado a harmonia interna do mundo, que é a única verdadeira realidade objetiva (POINCARÉ, 1995, p. 8, grifo nosso).

Considerando as colocações do nosso colega **L23** sobre o contexto que estava inserido Poincaré, e considerando também o texto 2, onde diz (meu tracejado):

" Esse processo é uma espécie de diálogo com a natureza através de modelos e, ciente da impossibilidade de acessar a realidade, o físico tenta se aproximar sucessivamente da mesma através da construção de modelos cada vez mais precisos e com maior poder de previsão (BUNGE, 1974)."

É inegável a cumplicidade, a correlação existente entre a matemática e a explicação física, que é a mensagem que o Texto 2 traz, citando a matemática como uma habilidade técnica que necessita da habilidade estruturante para trabalhar a Física.

Se eu me permito entender a matemática como uma ferramenta, então me parece razoável considerar também outras ferramentas que possam auxiliar esta compreensão, como software 3D, que fará o papel de uma geometria avançada e software de cálculos como Mat Lab, que tratarão da matemática. Embora esses recursos sejam derivados da matemática, possuem outra cara, outra interface com o usuário. Talvez estas outras ferramentas também entrem no arsenal de recursos utilizados por intermédio da habilidade estruturante.

L10 - sexta, 14 dezembro 2012, 19:04

Olá colega **L3**!

Concordo com suas palavras, gostaria de acrescentar que:

Muitas vezes, os alunos são tão acostumados a trabalhar a matemática dos problemas de física, que não prestam atenção no fenômeno físico envolvido, mas este tipo de operativismo abstrato, que é tratado somente da matemática dos problemas, de acordo com o texto, deixa a aprendizagem do aluno prejudicada, pois é carente de significado.

O tratamento dos problemas físicos, de forma mecânica e matemática, dá um tratamento superficial e não clarifica os conceitos, e desta forma, pouco pode contribuir para uma aprendizagem significativa.

L19 - quarta, 12 dezembro 2012, 15:50

Congratulações João e demais colegas!

Considero as relações entre a Matemática e Física como algo muito importante, a harmonia existente entre ambas depende também de interpretação de texto, ou seja, envolve a Língua Portuguesa também. Então a Matemática, a Física, a Língua Portuguesa, dentre outras disciplinas estão interligadas e fazem parte de um todo. Na Física teremos o entendimento dos fenômenos da natureza e a Matemática com a lógica. Com avanço de novas tecnologias podemos nos

aproximar da realidade e verificar nossos resultados, porém é importante frisar que softwares podem simular situações, mas quem define se estes resultados são coerentes ou não sempre será a pessoa que estiver operando estas ferramentas.

L5 - domingo, 16 dezembro 2012, 14:22

Olá **L3**...

Então, vou concordar com você quando diz que quando o aluno e até mesmo nós, quando nos deparamos com um problema onde haja números, o primeiro pensamento é "jogar na fórmula" sem antes compreender o problema e isso nos faz errar facilmente.

A matemática é necessária para ser um complemento para a física, ou seja, auxiliar a física a explicar com mais clareza os seus conceitos.

L9 - terça, 11 dezembro 2012, 00:11

Boa noite... com relação as concepções me referi as preliminares, sobre a natureza do problema. Ao ler o problema (aberto ou de cunho representativo para fins de aplicação/comparação, matematizado) haverá obstáculos, mas, se conheço só o básico como atuar num patamar mais avançado usando a concepção preliminar (representação intuitiva ou concepção intuitiva)? É claro que o exercício não tem proposição com o texto 1, porém se houver uma aplicação prática será puxar os dados para a equação e obter o resultado. Porém se há uma conceituação qualitativa ao aluno, então em determinado momento verá que é simplista e começarão as perguntas de onde aplico isso. Qual o sentido disso. Tudo o que se aprende agora é pré-requisito para algo daqui a pouco. Aí volto ao texto, onde se propõe a resolução de problemas como investigação, interesses, concepções prévias, estudo qualitativo, hipóteses, estratégias de resolução, linguagem, verificação (é possível), tipos mais complexos (problemas) e destaque para possibilidades de arquivar métodos do processo de resolução. Em se tratando do texto 2 posso dispor então as habilidades técnica (domínio matemático) e habilidades estruturantes (organização deste domínio matemático) em que associo a processos de modelização para representar um fenômeno físico como por exemplo, pictóricas. Nestes termos como está no texto, preciso das duas propostas para aproximar o estudante ao pensamento científico.

L3 - terça, 11 dezembro 2012, 10:46

L18, **L19**, **L9**, demais colegas, minha experiência didática não é muito grande, mas suficiente para perceber o quanto este curso pode me ajudar a melhorar minhas aulas e acredito que grande parte dos colegas concordem. Assim cito uma parte do texto 1 - QUESTIONANDO A DIDÁTICA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: ELABORAÇÃO DE UM MODELO ALTERNATIVO, coloca a postura refratária do professor (nós) ao avaliar o fracasso das aulas de física (início pg 8), desconsiderando a didática adotada e repassando o problema para outras etapas.

Corroboro com a visão crítica do **L19**; " Os alunos e nós também muitas vezes queremos resultados numéricos sem entender o seu significado."

Minha auto crítica servirá para que eu possa reavaliar a forma com que tenho elaborado minhas aulas. E percebo que tenho usado a matemática de uma forma bem tradicional e a reestruturação da aula necessitará de muito empenho, muito estudo. O entendimento da real importância da matemática nesse contexto me parecia tão banal no início agora começa a ganhar força.

O texto 1 aponta uma série de caminhos e um deles é "III.A resolução de problemas como investigação", onde mostra as etapas necessárias; motivar, buscar uma visão qualitativa, criar hipóteses, criar estratégias de resoluções, verbalizar buscando a significação, analisar os resultados, entre outros artifícios que nos ajudarão a criar um ambiente mais adequado para o estudo da Física.

L19 - quarta, 12 dezembro 2012, 18:38

Congratulações **L3** e demais colegas,

No texto QUESTIONANDO A DIDÁTICA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: ELABORAÇÃO DE UM MODELO ALTERNATIVO, um parágrafo que considero importante destacar na página 17,

"É conveniente solicitar, por último, a elaboração de uma memória da resolução do problema, ou seja, da investigação realizada, que contribui para dar toda a importância que esta possui no processo de construção de conhecimentos."

Quando na resolução de problemas Físicos o professor ensina que a melhor forma de se resolver um problema é escrevendo, obtendo as variáveis e dados para iniciar a resolução, ele está indicando que o aluno ao tentar solucionar o problema através da escrita, há um equacionamento das possíveis hipóteses para a resposta do problema e também uma produção de conhecimento, porque o aluno pode visualizar os erros cometidos na tentativa de encontrar a solução.

L22 - quinta, 13 dezembro 2012, 15:59

Concordo com o **L3** quando ele se refere ao replanejamento da aula.

Pois segundo Gil-Perez, "As maiores dificuldades que o desenvolvimento de uma ciência encontra são derivadas de suposições implícitas, aceitas sem nenhum questionamento, escapando assim da crítica. Em tais casos se impõe, como reiteradamente a história a ciência tem mostrado, um replanejamento em profundidade que analise criticamente até o mais óbvio".

A partir da fala de alguns colegas e do texto 1, posso dizer que geralmente o que acontece na resolução dos problemas é uma falta de preparação para resolvê-lo, pois como o texto 1 cita, se fizermos um replanejamento na hora de elaborar e de resolver um problema, podemos estar trabalhando com os alunos de uma forma que faça, com que eles pensem no que estão fazendo, não somente resolver a questão porque o exemplo que o professor deu era parecido, que sejam alunos críticos a partir do que estão recebendo para resolver, pois os

problemas que os cientistas tem para resolver são reais e não apenas enunciados que estão presentes nos livros didáticos.

No texto 1, os autores citam a possibilidade de trabalhar com problemas abertos, para mudar/modificar a visão dos estudantes, na hora de resolverem um problema. Os autores colocam que trabalhando com esse tipo de problemas, é possível fazer com que os alunos façam suas próprias hipóteses para resolverem o problema, imaginando os parâmetros pertinentes e de que forma intervêm.

L6 - sábado, 15 dezembro 2012, 02:09

Agora não vejo problema algum no enunciado da questão. É uma questão fechada, talvez em parte aberta na questão do tempo de 5s que pode dar margem para hipóteses como citaram outros colegas. Eu entendi tranquilamente que se trata dos primeiros 5s do movimento, mas aí tem outra questão que posso estar pensando operacionalmente como num processo de estímulo-resposta. Pode ser. Mas com certeza foi essa operacionalidade que me fez errar a resposta também. Mostrar principal | Editar | Interromper | Excluir | Responder

L23 - segunda, 10 dezembro 2012, 09:19

Olá pessoal,

Eu ainda acho que o exemplo fornecido pela colega **L24** não é um “problema” no sentido de Gil-Perez et al. Eu o escreveria assim:

“Calcule a intensidade da força elétrica de repulsão entre duas cargas puntiformes”.

Isso levaria o aluno a formular várias hipóteses, e ele acabaria criando seus próprios dados segundo essas hipóteses. Assim o “problema” se torna um verdadeiro estudo, pois o aluno teria que ter em mente os conceitos de força elétrica, de carga elétrica e da relação que existe entre todas essas grandezas. Mas mesmo assim, a matemática é fundamental para a resolução dos problemas. Se for um “problema” quantitativo isso nem se discute. E se for um problema qualitativo, cedo ou tarde terão que ser estabelecidas relações de natureza matemática, mesmo que não envolvam cálculos.

Segundo Roque (2005) apud Karam e Pietrocola (2009):

“Uma análise que considere separadamente os aspectos físico e matemático de um problema pressupõe, mesmo que implicitamente, que a Física trabalha com a realidade, ao passo que a Matemática deve fornecer as considerações formais para a descrição física desta realidade. O preço dessa suposição é o de relegar, ao mesmo tempo, a Física a um saber incapaz de se legitimar a si mesmo e a Matemática a uma abstração, a uma mera formalização sem mundo. Este preço é alto, pois tem como consequência um enfraquecimento de ambas, tanto da Matemática como da Física”.

L23 - terça, 11 dezembro 2012, 19:01

Olá pessoal, eu passei esse comentário pra cá, pois mais acima estava ficando cada vez "mais estreito".

Só a título de curiosidade é importante ressaltar também que Poincaré morreu em 1912, e que naquela época estava nascendo a mecânica quântica. Antes dela a física tinha um caráter de ciência determinística.

Vejam a fala de Poincaré e o papel que ele dava à matemática e à Física simultaneamente:

“Um intelecto que, num momento dado qualquer, conhecesse todas as forças que animam a natureza e as posições mútuas dos seres que a compõem, se esse intelecto fosse vasto o suficiente para submeter seus dados à análise, seria capaz de condensar numa única fórmula o movimento dos maiores corpos do universo e o do menor dos átomos: para tal intelecto nada poderia ser incerto; e tanto o futuro quanto o passado estariam presentes diante de seus olhos”.

Hoje sabemos que, neste ponto, Poincaré estava errado, pois a mecânica quântica derrubou o determinismo da física clássica. Mas mesmo a mecânica quântica necessita da linguagem matemática.

Ou seja, Poincaré, Galileu, e praticamente todos os grandes nomes da Ciência enaltecem a Matemática como a “linguagem da Natureza”.

Então **T1**, quando você pergunta se concordamos com os pensamentos de Galileu e Poincaré, eu, **L23**, respondo que concordo.

E seria ótimo se quando aprendêssemos matemática, os professores de matemática nos lembrassem exatamente isso: que é a Linguagem da Natureza. Quando aprendemos funções lá no ensino fundamental realmente é um tema abstrato. Podemos perguntar (e quase todo mundo pergunta): Para que eu vou usar isso? Vem-me a mente agora, por exemplo, muita coisa que eu já li a respeito da razão áurea. É “apenas” uma fração. Mas que fração! E o teorema de Pitágoras? Não é simplesmente um $a^2 = b^2 + c^2$. Conheço um senhor que trabalhou comigo no banco e ele me falou um dia desses: “Se tivessem me ensinado essa demonstração para o Teorema de Pitágoras talvez eu nem teria sido um bancário”. (Ele estava se referindo a uma demonstração realmente bonita e simples, mas que dificilmente é passada aos estudantes).

Eu me atrevo a dizer **T1**, e não sei se os colegas concordam, que os estudantes que conseguem se maravilhar com a beleza da matemática, são fortes candidatos a se maravilharem com a beleza da Física.

L9 - terça, 11 dezembro 2012, 22:18

Caro **L23** também compartilho contigo desta última frase que você postou.

Temos a companhia de vários colegas matemáticos e que além de estarem se maravilhando, estão contribuindo em muito. Obrigado a estes. E com relação a Física e matemática estarem juntas (indissociáveis) é difícil distanciar-las

principalmente as situações de aplicação (cotidiano) em que temos que materializar esse conhecimento revertido em tecnologias disponíveis.

Mostrar principal | Editar | Interromper | Excluir | Responder

L1 - terça, 11 dezembro 2012, 22:52

Compartilhando com os colegas contribuo com a seguinte frase "Física é a ciência que elabora modelos da realidade, os quais costumam ser altamente matematizados, e os confrontam com os resultados obtidos em seus experimentos"(Bunge, 1974).

Para tanto, acredito que o esquema proposto por Polya para resolver problemas é bem interessante e fundamental para o processo de resolução de problemas na qual os alunos apresentam tanta dificuldade. Segundo Polya: - "Compreensão do problema; - Estabelecimento de um plano; - execução do plano. "Sequência bem elaborada mas que não devemos considera-la como única, mas como um caminho que pode ser traçado para facilitar a compreensão e a resolução dos problemas propostos.

L12 - quarta, 12 dezembro 2012, 08:54

Olá colegas, uma parte que menciona tudo que foi discutido por aqui está presente no texto (2) onde diz: " O ensino de física deveria dar aos estudantes uma visão da natureza da física como uma atividade de modelização, treinando-os para que se tornem capazes de construir e interpretar modelos".

Isso nos remete ao problema inicial onde tínhamos uma equação e aplicamos os dados nela, fomos levados a repetir um modelo que viemos desde o início de nossa vida escolar na física treinando, o que não somos capazes de construir e interpretar esses modelos de romper os paradigmas e avançar.

Como muitos colegas mencionaram em suas colocações é que a matemática é importante para a física, e eu concordo plenamente com isso, o que não podemos fazer no ensino de física é descontextualizar a matemática é usar a matemática pela matemática, sem levar em consideração a física do fenômeno.

L12 - quarta, 12 dezembro 2012, 09:00

Aqui posso mencionar a atividade feita pelo professor [refere-se a disciplina de INSPE A] como aplicação da modelização no ensino de física, aplicamos matemática usando conceitos físicos.

Atividades como a proposta por ele levam o aluno a pensar sobre o que está ocorrendo por trás da matemática, assim ele desenvolve a matemática mas vive o problema, medindo, anotando e analisando os resultados....

T2 - quinta, 13 dezembro 2012, 21:19

Olá Pessoal! Agora que já estamos com nossas ideias mais amadurecidas, gostaria de retomar a discussão sobre o problema proposto na tarefa 1 para que possamos aprofundar nossas reflexões:

Um objeto se move ao longo de sua trajetória segundo a equação: movimento. Que distância terá percorrido após 5 segundos? ("e" em metros e "t" em segundos).

A L1 traz as etapas propostas por Polya (apud Karam e Pietrocola, 2009) para resolvermos problemas. Nas palavras dela:

"Para tanto, acredito que o esquema proposto por Polya para resolver problemas é bem interessante e fundamental para o processo de resolução de problemas na qual os alunos apresentam tanta dificuldade. Segundo Polya: - "Compreensão do problema; - Estabelecimento de um plano; - execução do plano." Sequência bem elaborada mas que não devemos considera-la como única, mas como um caminho que pode ser traçado para facilitar a compreensão e a resolução dos problemas propostos."

Se tivéssemos estas etapas em mente conseguiríamos resolver o problema que foi proposto no início do fórum de maneira correta? Ou será que há outro(s) motivo(s) em obtermos resultados errôneos de maneira tão generalizada? Qual(is) motivo(s) podemos elencar por termos acertado ou errado a resolução do problema que foi proposto?

L15 - quinta, 13 dezembro 2012, 22:59

Olá **T2** boa noite.

Estive lendo os comentários dos colegas, onde se percebe que todos buscam uma resposta para o problema, gostaria de afirmar que também resolvi o exercício da mesma forma que a maioria dos colegas.

Me pergunto onde foi que errei, mas na realidade o que todos nós fizemos foi o que aprendemos, pois qual de nós teve aula no ensino médio com um professor licenciado em física, acredito se houver será um número mínimo de pessoas. No entanto isso agora não vem ao caso, pois acredito que apesar das citações feitas pela **L1** propostas por Polya (apud Karam e Pietrocola, 2009) que considero se suma importância para a resolução e interpretação dos problemas, no entanto acredito também que há uma supervalorização da linguagem matemática envolvida nos problemas, ou seja, como a maioria dos educadores é habilitada em matemática se torna muito mais fácil ministrar aulas valorizando esta parte, sendo que fica explícito a "pobreza" de outros aspectos relacionados à física, como é mostrado cotidianamente, onde o que mais interessa é a problematização do assunto abordado, desta forma há necessidade de um equilíbrio entre as partes que explicam determinado fenômeno.

L1- quinta, 13 dezembro 2012, 23:32

Boa noite colegas

Acredito que um dos maiores erros na resolução desse tipo de problema está na leitura e interpretação, pois faz-se uma leitura rápida sem parar para pensar e fazer uma análise dos termos abordados no problema. Pensa-se apenas em resolvê-lo mecanicamente. Estamos mal acostumados a pensar só matematicamente. E acabamos cometendo os erros mais absurdos possíveis.

Concordo com o colega **L15** e penso que deve realmente haver um equilíbrio entre a Física e a matemática para que possamos interpretá-la de forma correta e resolver os problemas com coerência.

L11 - sexta, 14 dezembro 2012, 10:48

Olá colegas, só agora consegui postar no fórum, mas posso dizer que concordo com a **L18** sobre o comentário de que ela, e digo que eu também, sempre reclamei dos alunos sobre a mesma situação: eles leem os problemas mas não conseguem interpretá-los, e realmente, como a **L18**, fiz a mesma coisa. Mas penso, que muitos de nós fizemos isso exatamente por estarmos também acostumados a isso e a passarmos deste modo aos nossos alunos, e mais, não que seja culpa nossa, mas como disse a **L12**, só estamos seguindo o mesmo modelo que tivemos quando nós éramos alunos do ensino médio. Só que agora que estamos vendo um novo modo de interpretar a física, cabe a nós mudarmos nossa prática e levar os alunos a ver a física com outros olhos também, olhos que não sejam focados somente na matemática, mas acredito que ela também não deva ser deixada de lado. As duas devem andar juntas, de forma que uma complete a outra.

[Mostrar principal](#) | [Editar](#) | [Interromper](#) | [Excluir](#) | [Responder](#)

L11 - sexta, 14 dezembro 2012, 11:35

Olá **T2**, vou tentar responder suas colocações. Este trecho do texto 2, especifica melhor os passos para a resolução de problemas:

"Reif et al. (1976) concluem defendendo que é possível ensinar estratégias simples e descrevem quatro etapas presentes em sua estratégia instrucional, ou seja, etapas que são mencionadas e discutidas com os estudantes: 1) Descrição: Identifique as informações dadas e requeridas. Desenhe um diagrama da situação; 2) Planejamento: Selecione as relações pertinentes para resolver o problema e esboce a maneira como elas devem ser usadas; 3) Implementação: Execute o plano delineado no item anterior fazendo todos os cálculos necessários; 4) Verificação: Verifique cada um dos passos anteriores e analise se a resposta final faz sentido."

Ao tentar responder suas perguntas, respondo também as que o Professor **P** colocou no início do fórum: "Será que o fato da aceleração ser negativa na equação, significa que o objeto estará sempre perdendo velocidade?", "há uma diferença conceitual entre posição ocupada num dado instante, e deslocamento... Mas será que foi solicitado o deslocamento?"

Bom, na realidade, eu penso que se tivéssemos seguido os passos conseguiríamos sim chegar a resposta correta, pois no primeiro passo ao analisar a situação e identificar as informações, iríamos perceber que a aceleração negativa, significa que o objeto está perdendo velocidade, mas não sempre, em um dado momento, o objeto mudará o sentido do movimento e

passará a ganhar velocidade naquele sentido, outra informação que seria analisada, seria a diferença entre o deslocamento e a distância percorrida, sendo este último que o problema pede. E diante disso teríamos que pensar que essa situação de mudança de sentido poderia acontecer nos primeiros 5 segundos, dessa forma, resolveríamos o problema com os passos corretos, como o L23 colocou no início do fórum e chegaríamos a resposta correta.

Acabamos todos errando esse problema, acredito pelos motivos que citei no comentário anterior: pois, quando alunos, acabamos aprendendo essa forma de resolver, então seguimos o mesmo padrão, nos acostumamos a isso, a seguir o modelo matemático e quando olhamos uma questão tão simples como essa: aplicamos a “fórmula”.

L7 - domingo, 16 dezembro 2012, 21:26

Demorei a chegar neste fórum... fim de ano e diários e conselhos...mas aí vai. Como alguns colega colocaram, também achei o enunciado daquele problema da tarefa 1, mal feito, pois não há dados importantes ...e está sem a explicação devida do movimento considerado. Mas, mesmo sem muitos dados, faltou a nossa investigação do problema, a procura de informações contidas na equação..., isso causou os erros

E relacionando isto com o texto 1, posso citar o seguinte parágrafo do mesmo; “A falta de uma prévia discussão qualitativa, ou, dito de outro modo, o operativismo mecânico com que se abordam habitualmente os problemas, inclusive pelos mesmos professores. Convém recordar a este respeito as palavras de EINSTEIN:

Nenhum cientista pensa com fórmulas. Antes que o físico comece a calcular deve ter em seu cérebro o curso dos raciocínios. Estes últimos, na maioria dos casos, podem ser expostos com palavras sensíveis. Os cálculos e as fórmulas constituem o passo seguinte. Sem exagero, insistimos, a didática habitual de resolução de problemas costuma estimular a um operativismo abstrato, carente de significado, que pouco pode contribuir a uma aprendizagem significativa. Um tratamento superficial que não se detém na clarificação dos conceitos.”

Este parágrafo explica o grande motivo de se acontecer tantas confusões entre espaço percorrido e deslocamento, posição ...

E ainda com este parágrafo do texto 2;

“Em função da crescente matematização da Física, devidamente assumida nos trabalhos de Galileu, é possível supor que os especialistas em resolução de problemas de Física tenham mais clareza e convicção quanto ao papel da Matemática e sejam mais hábeis em apreender matematicamente os fenômenos do mundo físico do que os iniciantes. Dessa forma, se a Matemática é a linguagem que estrutura o pensamento físico (PIETROCOLA, 2002), essa função precisa ser explicitada e discutida quando os estudantes se deparam com os problemas escolares.”

Na tarefa 1, vimos que pensamos rapidamente em aplicar números para usar a matemática para calcular uma posição ou um deslocamento..., assim como no cálculo de força ou taxas

Então, como fazer um ensino de física sem o uso da matemática? Talvez seja algo impossível, por exemplo: quando ensinamos que um corpo acelerado em um referencial inercial se distancia da origem com uma velocidade cada vez maior, o aluno que sabe o que é um corpo acelerado, entenderá facilmente. Mas a partir do momento que aplicarmos dados na equação de Torricelli, talvez a maioria irá entender melhor o que foi dito. Aqui vemos que o conceito apenas, não garante o aprendizado, ou o entendimento... Assim como em algumas experiências de laboratório, sabemos o conceito, ou a teoria, mas ao aplicarmos nas experiências nos traz um conhecimento empírico além daquele já estudado... No texto 1, existem muitas formas de lidar com a matemática no ensino de física, todas são importantes, mas na minha opinião a sexta dica citada é a mais importante de se seguir, que diz;

“III.5 Realizar a resolução verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz e evitando, uma vez mais, operativismos carentes de significação física. A pertinência de um planejamento prévio das estratégias de resolução está dirigida para evitar uma atividade próxima do simples ensaio e erro, mas que não pretende impor um - processo rígido: os alunos (e os cientistas) concebem ocasionalmente as estratégias de resolução à medida em que avançam, não estando isentos de ter que voltar atrás e buscar outro caminho. Em todo o caso, é necessário que a resolução esteja fundamentada e claramente explicada - previamente ou à medida em que se avança -o que exige verbalização e se afasta dos tratamentos puramente operativos, sem nenhuma explicação, que se encontram muito comumente nos livros texto. Ele exige também uma resolução literal até o final, o que permite que o tratamento se mantenha próximo aos princípios trabalhados e facilitará, além disto, a análise dos resultados. Como indicam Jansweijer et. al. (1987), quando a tarefa é um verdadeiro problema, as dificuldades e as revisões são inevitáveis, isto é facilitado por uma resolução literal em que os fatores considerados como pertinentes aparecem explicitamente e se pode reconhecer os princípios aplicados, o que não ocorre, obviamente, no caso de uma resolução numérica.”

Concordo com o Texto de Galileu, e o de Poincaré, citados pelo **T1**, pois os dois relatam de forma clara a necessidade da matemática na física, não apenas para chegar em resultados que serão analisados posteriormente, mas como linguagem a ser utilizada pelos físicos para poder com esta explicar a natureza da coisas do universo.

E acho que usando os 10 passos relatados no texto 2, conforme a colega **L11** também comentou, conseguiríamos responder corretamente o problema 1 e ainda saberíamos explicar como aconteceu o movimento, Aplicando os dados

como a maioria fez não se chega em nada, apenas em um resultado matemático, que além de tudo, está errado...

E para resolver aquele problema, com certeza o uso de um gráfico ajudaria a não errar, mas a necessidade de fazer rápido as vezes nos causa problemas, que acho que foi o que aconteceu a maioria dos colegas

L19 - sexta, 14 dezembro 2012, 19:13

Olá **T2** e demais colegas!

Respondendo aos questionamentos considero como sendo possível chegarmos a um resultado com as estratégias apresentadas por **L1** das etapas propostas por Polya (apud Karam e Pietrocola, 2009), porque quando tentamos compreender o problema as variáveis envolvidas, estabelecendo um plano para resolvermos de forma coerente, sem sombras de dúvidas não seríamos induzidos ao erro, ou seja, apesar do enunciado ser pequeno, não resolveríamos sem um plano, uma estratégia, um roteiro para encontrarmos o resultado. **L11**, trouxe uma parte do texto que considero importante que é possível "ensinar aos estudantes algumas estratégias de resolução de problemas de Física"

1 - Descrição; 2 - Planejamento; 3 - Implementação; 4 - Verificação; (etapas retirada do texto pág. 184)

Acredito que não só os alunos seguindo estas etapas conseguem resolver problemas de Física, nós também precisamos destas quatro etapas para resolvermos os problemas e muitas vezes é necessário recorrer a softwares para verificação dos resultados e seria interessante também usar estas ferramentas de trabalho junto com os alunos. Considero o planejamento uma das etapas mais importantes para resolvermos os problemas de Física, a Matemática é parte integrante e expressa o raciocínio que a pessoa está desenvolvendo para chegar a um resultado coerente é claro, mas sem um bom planejamento é difícil até de iniciar a resolução do problema.

P - sábado, 15 dezembro 2012, 08:32

Gente, **L1** trouxe destacou um ponto importante do texto do Karam e Pietrocola, em que trazem ideias de outros autores...

Mas... eles concordam totalmente com isso?

Notem que, sendo um texto de pesquisa, um texto acadêmico, eles citam vários outros autores que também pensaram essa temática... um deles, é o próprio Gil-Pez et al. (1992)...e partir daquelas ideias, dos outros, vão colocando as suas... mas é importante ver como, às vezes, sutilmente, eles se posicionam em relação às ideias dos outros autores...

T2 - sexta, 14 dezembro 2012, 22:33

Então vamos lá, pessoal, vamos usar dessas reflexões para tentar resolver o problema.

a) que tipo de movimento a equação dada pelo problema descreve?

b) que grandezas ele está relacionando no problema todo?

Vamos fazer o exercício de resolvê-lo de maneira não mecânica, reflexiva... colocar em prática tudo isso que discutimos aqui e que gostaríamos que nossos alunos fizessem!

Mostrar principal | Editar | Interromper | Excluir | Responder

L6 - sábado, 15 dezembro 2012, 02:41

Como já mencionei é uma equação do segundo grau e num gráfico $X \times t$ teremos uma parábola. O movimento é acelerado, como já mostrou o **L23**, e as grandezas envolvidas são distância e tempo. Acho que não tem erro e erramos porque lemos rápido demais, fomos muito mecanicistas.

P - sábado, 15 dezembro 2012, 08:28

Olá a todos!

Podemos aproveitar a bola lançada pelo **L6**? Vejam em em Karam e Pietrocola, uma tabela na p. 192, comparando como se lê matemática na matemática e como se lê matemática na física! É o que **L6** começou a fazer...

E aí, incluo umas questões para desenvolvermos mais isso:

- se o sinal do termo quadrático fosse diferente mudaria alguma coisa?

- idem para o sinal do termo linear;

O fato de usar equações de segundo grau para descrever o movimento de um corpo (pergunta análoga à de Karam e Pietrocola para as funções trigonométricas) traz implícitas certas ideias... que estão ali... mas não foram ditas...

Alguém chegou a fazer um gráfico na resolução (não me lembro agora quem foi!). Porque fez o gráfico? O que poderia dizer sobre aquele gráfico hoje?

abs

P

L3 - sábado, 15 dezembro 2012, 18:20

Professor eu fiz o gráfico no GeoGebra, não sei se é esta a que tu te referes.

Se o sinal do termo quadrático fosse diferente, mudaria a direção do movimento, mas distância percorrida seria a mesma.

Se o sinal do termo linear fosse diferente, a distância percorrida aumentaria 50m.

Agora analisando minha forma de responder e a relação com a discussão proposta: (professor e colegas, não interpretem como descaso)

Estou respondendo sem analisar muito, o que aumenta as chances de estar errando. Por que? Por que não terei maiores consequências com isso...

Na primeira vez que resolvi, eu tinha um sentimento de que estava errado, de que existia algo a ser investigado. E eu investiguei? Não. Por que? ...

Imaginem se este problema estivesse num contexto diferente, onde existisse talvez uma nota diretamente ligada ao resultado, ou talvez a resolução de um

problema que pudesse me dar um retorno financeiro de R\$100.000,00, tenho certeza que eu e vários colegas nos aproximariam muito da resposta certa. A leitura 1 (Daniel Gil) na página 13, apesar de estar relacionada com a resolução de problemas abertos, mostra como um dos caminhos para a resolução de problemas seria a investigação, o que no meu ver, seria uma abordagem que exigiria de mim mais atenção, mais estudo do problema e por consequência mais recursos, de tempo de ferramentais como figuras, gráficos, softwares, etc.

Resumindo, o erro coletivo na resolução do problema foi basicamente falta de empenho, motivação que nos fizesse resolver com cunho investigativo, devido ao contexto. Vejam como o professor **P** (risos...) nos preparou para o problema: "Esta tarefa é apenas para termos um ponto em comum, um objeto em comum para começar a conversa sobre o tema da semana. Resolva individualmente." Imaginem um outro contexto; "Caros colegas, temos em mãos a equação do movimento das partículas de sólidos da corrente do processo de beneficiamento dos Gás de Xisto que poderá mudar a matriz energética mundial, $e=25+40t - 5t^2$, quando passa pelo Precipitador eletrostático. Caso consigamos interpretá-la poderemos propor o ajuste adequado para esta máquina e teremos um acréscimo em nossa receita mensal em R\$2.000.000,00. Maiores informações contatar o grupo de Otimização...

Professor, colegas, brincadeira à parte (uma ponta de verdade), a análise investigativa do problema nos aproximaria da solução correta e uma maior motivação viabilizaria essa análise investigativa.

Grato.

L23 - sábado, 15 dezembro 2012, 20:28

Realmente **L3**, se tivéssemos outra motivação, provavelmente a porcentagem de acertos seria bem maior. Concordo com tudo o que você disse.

Eu não tinha feito o gráfico, fiz agora e posso dizer: é uma parábola com concavidade para baixo e contém os seguintes pontos:

$(t, f(t))$

$(0, 25)$

$(1, 60)$

$(2, 85)$

$(3, 100)$

$(4, 105)$ vértice

$(5, 100)$

$(6, 85)$

$(7, 60)$

$(8, 25)$ etc... ou seja, é uma função par.

Para qualquer tempo considerado, maiores que 5 s (inclusive), e supondo 0 o tempo inicial, a distância será dada por:

$(105 - 25) + (105 - f(t))$. Ou $185 - f(t)$.

Na matemática, aprendemos a resolver equações do segundo grau. Na física deve ter mais informações relevantes para essa problemática que estamos debatendo, mas não me ocorre nada no momento.

L3 - domingo, 16 dezembro 2012, 09:51

L23, visualizo este problema com uma partícula desacelerando (ou acelerando) a ponto de parar e iniciar o movimento no sentido contrário... Poderia ser um corpo jogado para cima e a força da gravidade atuando...

L3 - domingo, 16 dezembro 2012, 11:13

Caso fosse uma pedra jogada para cima, seria jogada do 8o andar (25m). Não posso afirmar isso sem investigar e fazer uma relação com a força da gravidade. Mas seria uma suposição que eu faria e investiria recursos para trabalhar na questão.

Acredito que tenha várias interpretações possíveis de serem testadas sob um cunho investigativo.

L6 - sábado, 15 dezembro 2012, 23:03

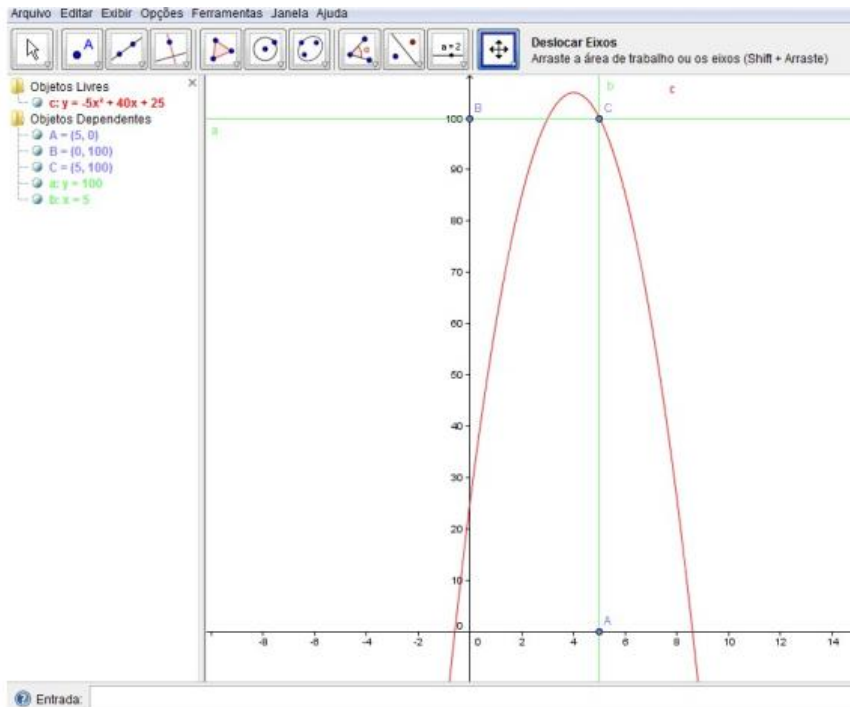
Professor, lendo as últimas mensagens colocadas no fórum, pensei no seguinte: primeiro não analisamos e não interpretamos a equação matemática em si, como função matemática, suas variáveis dependentes e independentes e depois faltou análise física dessa função matemática, ou seja, faltou-nos "habilidades estruturantes", voltando ao texto 2 pag 194. Na sequência o texto fala em modelização:

"Naturalmente, a busca pelo desenvolvimento de habilidades estruturantes no ensino de Física passa pela discussão sobre modelos e modelização. Para Malvern (2000), "pensar como um físico significa pensar em modelos matemáticos" (p. 77). Entretanto, o processo de construção desses modelos (modelização) raramente é abordado no ensino e, de uma maneira geral, os alunos são apresentados a modelos prontos, encarados como espelhos fiéis da realidade e sem qualquer tipo de contextualização histórica (PINHO-ALVES et al, 2001). Segundo Angell et al. (2008), os estudantes deveriam ser capazes de elaborar modelos a partir da identificação de variáveis e interpretação de equações, além de construir várias representações dos mesmos e transitar por elas. Para esses autores, "o ensino de Física deveria dar aos estudantes uma visão da natureza da Física como uma atividade de modelização, treinando-os para que se tornem capazes de construir e de interpretar modelos" (ANGELL et al., 2008, p. 257). Os mesmos defendem que a capacidade de modelização está fortemente associada à habilidade de transitar entre diferentes maneiras de se representar um fenômeno físico:".

Então Professor podemos dizer que faltou-nos modelizar o problema?

L3 - domingo, 16 dezembro 2012, 09:43

Segue em anexo o gráfico que fiz, mas não analisei no primeiro momento.



P - domingo, 16 dezembro 2012, 16:25

L3, respondendo esta postagem e anteriores suas, diria o seguinte:

- veja que ao descrever o comportamento da partícula, na sua resposta ao **L23**, disse, com outras palavras, o que respondeu antes à minha pergunta sobre os sinais na equação...

- Notem a diferença entre o gráfico feito pelo **L19** e o seu. O seu utilizou um software de matemática e o dele, um de física. No dele, já tem algumas interpretações físicas embutidas no programa... por exemplo, não existe $t < 0$...

P - domingo, 16 dezembro 2012, 16:16

L6, há duas ideias próximas mas não exatamente idênticas, mas com muitos pontos em comum, no ensino de física. Uma delas é a da modelização como atividade de ensino, como estratégia de ensino, que é a que vocês veem com o [professor] em INSPE A. A outra ideia, é a de pensar, compreender a física, de

modo geral, como um forma de modelização da realidade... Neste caso, a estratégia ou atividade de ensino não precisa ser a da construção de um modelo propriamente dito... mas a ideia de que há uma realidade no mundo e outra realidade idealizada matematicamente estaria como pano de fundo... Neste segundo caso, o problema poderia ter sido resolvido digamos com essa "filosofia", com essa concepção...

L6 - terça, 18 dezembro 2012, 08:22

Professor, mas é exatamente nesse sentido que refiro quanto a modelização. Não conseguimos desenvolver habilidades estruturantes, ou seja, não tivemos "capacidade de fazer um uso organizacional da Matemática em domínios externos a ela" (texto 2, pag 194). Isso avaliando o meu erro quanto ao problema e o erro dos demais colegas, que seguiram o mesmo raciocínio praticamente, como expuseram o **L3**, o **L23**, a **L10** e outros colegas. Sinceramente professor, não sou a favor da desmatematização da física para ensino médio. Acho que isso é tapar o sol com a peneira, acho que é como dar analgésico para dor em vez de tratar a causa dela. Acho que devemos sim, saber como abordar a matemática no ensino médio sem que vire um operacionismo, uma decoreba de formulas, mas num sentido de desenvolver no aluno a capacidade de desenvolver habilidades estruturantes. Física e matemática são indissolúveis e é um erro privar o aluno disso. Ele deve descobrir como as duas interagem pois é aí que está a beleza dessa ciência.

L19 - sábado, 15 dezembro 2012, 22:29

Olá **T2** e demais colegas!

Trabalharmos com softwares auxiliando às análises e considerações quando nos deparamos com problemas Físicos que não são os comuns, evidenciam que as novas tecnologias estão aí disponíveis para ajudar em simulações gráficas. Este exercício realmente é muito importante para refletirmos que PLANEJAMENTO é algo de grande valia para as atividades a serem desenvolvidas quando resolvemos um problema de Física, Engenharia, dentre outras mais.

Na Universidade muitos professores de Engenharia Civil trabalham em suas disciplinas com os cálculos na "mão", ou seja, sem auxílio de softwares para simulações, o objetivo disto é entendermos como calcularmos os esforços atuantes em sapatas, vigas, pilares, lajes, assim como perda de carga em tubulações de água fria, pressões mínimas disponíveis nestas tubulações, dentre outros mais. Depois temos em algumas disciplinas exclusivas o uso de softwares para simularmos estes cálculos e verificações com maior precisão se refletem a realidade ou não.

Então podemos citar o *modellus* como um software importante para Física, quanto a simulações de determinados movimentos.

Segue em anexo no formato PDF o gráfico feito no *modellus* e minha análise do movimento do objeto.

T2 - sábado, 15 dezembro 2012, 20:29

Olá, gente, bom, realmente é uma função de movimento acelerado, mais especificamente retardado.

Mas as grandezas relacionadas na equação não são distância e tempo, mas posição em função do tempo.

O exercício pede a distância total percorrida, e não a posição ou o deslocamento.

Então agora pensemos juntos:

1) Qual a diferença entre distância, deslocamento e posição?

2) Em movimentos uniformemente variáveis, distância e deslocamento são a mesma coisa?

Vocês começam a compreender onde está o problema na leitura mecânica do problema?

L23 - domingo, 16 dezembro 2012, 10:00

Corrigindo minha postagem anterior, a função não é par, pois não é simétrica em relação ao eixo y . E ficou sem sentido no final, pois estava editando, acabou o tempo de 30 minutos, e tive que "sair na corrida".

1) Distância é uma grandeza escalar e define a medida da trajetória do corpo, ou seja, o quanto ele efetivamente "andou".

Deslocamento é uma grandeza vetorial e define a medida da distância entre a posição inicial e a posição final.

Posição é o lugar no espaço, em um determinado sistema de referência, em que o corpo se encontra em determinado instante.

2) Bom, aí eu acho que depende do tipo de movimento, não são a mesma coisa, mas podem ser iguais.

T2 - domingo, 16 dezembro 2012, 11:59

Pois então, **L23**, a equação do MRUV por definição dá as posições ou o deslocamento, mas não a distância total percorrida... isso pode ser visto no gráfico que postaram acima! E agora, entendem o problema?

[Mostrar principal](#) | [Editar](#) | [Interromper](#) | [Excluir](#) | [Responder](#)

L8 - domingo, 16 dezembro 2012, 13:38

Com certeza, **T2**. Muitos de nós, com a ideia fixa do MRU, talvez sem querer, quase que mecanicamente acabamos associando de forma errada o deslocamento com a distância percorrida. Por mais que chamemos a atenção de nossos alunos para a interpretação do problema e, a exemplo do comentário exposto acima pelo professor temos ainda uma certa barreira em interpretar a matemática na matemática e a matemática na física. Quando resolvi a equação, comecei a indagar o termo trajetória, até fazer comentários no nosso polo sobre essas definições mas, acabamos como praticamente todos, assimilando que era apenas uma equação do segundo grau. Faltou interpretar a matemática como Física.

L5 - domingo, 16 dezembro 2012, 14:42

No gráfico mostra que para cada tempo existe uma posição. E a distância percorrida é a medida sobre a trajetória descrita no movimento, o seu valor depende da trajetória sendo sempre positiva.



P - domingo, 16 dezembro 2012, 16:29

Aproveitando o desenho da **L5**... e lembrando que no nosso problema o objeto vai e volta... gostaria de colocar outra ideia.

A utilidade da diferença entre o conceito de deslocamento e o de distância percorrida aparece no conceito de Trabalho e de conservação de energia mecânica. Pensem numa integral de linha...

L23 - domingo, 16 dezembro 2012, 16:53

Antes de começarmos a síntese gostaria de colocar minha análise final sobre o movimento daquele corpo (gostei de brincar com esse gráfico.. rsss..)

Não é um software de física como o Modellus, mas eu calculei as derivadas e ficou bem legal eu acho. Vejam no anexo.

P - domingo, 16 dezembro 2012, 20:45

Bela resolução, **L23**!

Notem como o conceito de velocidade é difícil: analisando o gráfico de $v(t)$, linha rosa, vemos que a velocidade diminui em módulo até zero mas depois aumenta em módulo... é preciso uma interpretação física para compreender que o móvel está voltando...

E aproveito para colocar uma ideia, para refletirem: cinemática é a parte mais matematizada da física do ensino médio, a mais abstrata e ... trabalhada em geral, logo que os alunos entram no ensino médio, e às vezes... ao longo de toda o 1o ano...

Pra se pensar!

L6 - terça, 18 dezembro 2012, 08:38

Muito bom **L23**, perfeito. Não tinha conseguido visualizar assim a velocidade e a aceleração. Muito bom mesmo.

P - domingo, 16 dezembro 2012, 15:55

Olá a todos e todas! Por favor, leiam com atenção!

Estamos finalmente começando hoje nossa última tarefa da disciplina, última fase da aprendizagem colaborativa sobre esse tópico da Resolução de Problemas e o Papel da Matemática na Física e no Ensino de Física!

Nesta última fase, a ideia é produzirmos uma síntese/resumo coletivo único do que foi discutido sobre o tema.

Alguém dá o lance inicial e, os outros, com nossa ajuda, vão complementando, modificando a redação... Podemos (teremos que) usar o ctrl-c/ctrl-v nas mensagens dos colegas.

Se houver divergências, vamos abrindo mais de uma frente na síntese em algum ponto...

Não se trata de fazermos um texto longo... apenas um conjunto de apontamentos, frases elencadas uma após a outra, que resumiriam as ideias sobre essa temática... organizando o que seriam ideias principais e ideias derivadas... Mas apenas frases, não muito longas e não há necessidade de explicação... (a menos que alguém não compreenda a frase... então discutimos). Sugiro a síntese ficar sempre de uma cor, por exemplo, vermelho... assim, podemos copiar o texto síntese e colocar algum comentário nosso em preto para diferenciar...

O texto síntese é coletivo, único!

Trata-se de um resumo mesmo!

Não precisamos citar mais os textos originais, mas é bom colocar entre parêntesis o autor e a página quando a ideia vier diretamente de algum texto...

Um colega pode reescrever a frase que foi colocada (explicando em preto).

Vamos começar? É a nossa atividade desta semana que se inicia hoje.

Uma visão da equipe docente sobre as leituras, resolução do problema e ideias debatidas será enviada no próximo domingo, após a conclusão dessa atividade.

Abraços,

P

L10 - segunda, 17 dezembro 2012, 22:34

A última mensagem que recebemos do Senhor é verdade??????????

ANEXO IV

Disciplina: Metodologia e Prática do Ensino de Física

Código:

Curso: Licenciatura em Física

Carga Horária: 90 horas-aula

SEMESTRE 2012.2

PLANO DE ESINO – em construção permanente

I. Ementa: Tendências atuais da Pesquisa em Ensino e do Ensino de Física/Ciências com ênfase em conteúdos e métodos articulados, problematização e contextualização dos conhecimentos; estudo de projetos de Ensino de Física contemporâneos vinculados às novas demandas educacionais e sócio-culturais. Análise de parâmetros e propostas curriculares e de materiais e recursos tradicionais e alternativos. Planejamento e execução inicial para ensino de tópicos/temas de ciências e tecnologia contemporâneas: seleção e produção de materiais didáticos com auxílio de multimeios, simulação e aplicação inicial em seminários/salas de aula. Elaboração de instrumentos para acompanhamento e avaliação da unidade de ensino com objetivos de análise e reformulação. Seminário de apresentação dos resultados. Aplicação de materiais didáticos com multimeios em sala de aula, acompanhamento presencial por tutoria presencial e supervisão a distância, gravações de aulas em VHS e discussões nos encontros virtuais. Prática de ensino como componente curricular.

I. Objetivos gerais

O objetivo geral da disciplina é respondermos coletiva e colaborativamente a seguinte questão: **como e em que área de pesquisa em ensino de Física/Ciências pode contribuir para o ensino de física?**

E, dentro dessa questão geral, uma questão mais específica: **com as TIC, tecnologias da informação e comunicação, podem contribuir para a educação em física?**

Compreender como diferentes aspectos (entre elas, políticas públicas, pesquisas, desenvolvimentos tecnológicos, a produção e circulação de diferentes textualizações do conhecimento físico e outros aspectos sócio-culturais e históricos) podem intervir na produção do conhecimento escolar, ou seja, na transposição/mediação do conhecimento da física em conhecimento escolar da/sobre física.

Compreender que esses processos implicam sempre em relações forma/conteúdo, linguagem/epistemologia.

Ensaiar produções próprias utilizando novas tecnologias de informação e comunicação sócio-histórico-culturalmente contextualizadas.

Compreender a atividade docente como participação na produção do conhecimento escolar em física, ou seja, no processo de transposição/mediação didática.

Compreender o trabalho docente, ação-reflexão-produção de conhecimento, como parte da comunidade de produção de conhecimento sobre ensino de física/educação em ciências.

Tópico I - Tendências atuais da Pesquisa em EF/Ciências.

- i. Concepções alternativas e mudança conceitual.
 - ii. Interações discursivas em sala de aula.**
 - iii. Modelização, modelos e linguagem matemática no EF.**
 - iv. História da ciência no EF.
 - v. Epistemologia, filosofia e sociologia da ciência.**
 - vi. Abordagem/enfoque CTS/CTSA (ciência, tecnologia, sociedade e ambiente).
 - vii. Uso de textos e leitura no EF.**
 - viii. Divulgação científica e educação científica.**
 - ix. TIC no EF.**
 - ix. Experimentação na Física e no EF.**
 - x. Imagens no EF.
 - xi. Ilhas de racionalidade.
 - xii. Problemática e metodologia dos três momentos pedagógicos.
 - xiii. Resolução de problemas no EF.**
-

Tópico II – Análise de parâmetros e propostas curriculares.

- i. Novo Ensino Médio – LDB e DCNEM.
 - ii. PCN e PCN+
 - iii. Proposta Curricular de Santa Catarina
-

Tópico III – Estudo de projetos de EF contemporâneos vinculados às novas demandas educacionais e socioculturais.

- i. GREF – Grupo de Reelaboração do EF
 - ii. Livros didáticos atuais (segundo PNLD).
-

Tópico IV – Planejamento de tópicos de ciência e tecnologias contemporâneas com utilização de novas tecnologias de informação e comunicação.

Cronograma (versão em construção)

(Legenda: Nossas atividades; atividades de outras disciplinas, atividades de dependência)

Semana Data Atividade cronograma do EaD	Temas e Atividades	Tópicos
<p>1^a (27/7 - 4/8) Presenciais</p>	<p>Presencial - Introdução à disciplina</p> <p>1º momento: apresentação da disciplina e equipe docente 2º momento: atividade prática sobre eletricidade 3º momento: introdução à área de pesquisa em ensino de física/ciência: atividade no Lab. de Informática</p> <p>Fórum - Eventos de Pesquisa em Ensino (SNEFs, ENPECs, EPEFs) - compartilhar descrição da visita virtual ao evento Leitura do texto sobre Experimentação no EF</p>	Tópico I
<p>2^a (5/8 - 11/8) Avaliações Dependências</p>	<p>Fórum - Artigos de Pesquisa dos eventos: descrição de artigos de pesquisa (que características têm artigos de pesquisa e porquê)</p> <p>Fórum sobre experimentação no EF Tarefa 1: texto com síntese sobre eventos e artigos Grupo 1 e 2: colocam textos sínteses na wiki, respectivamente sobre Eventos e Artigos e sobre Experimentação</p>	Tópico I
<p>3^a (12/8 - 18/8) Avaliações Dependências Atividades Libras</p>	<p>Sociologia da ciência, aspectos sociais da produção e circulação do conhecimento científico Texto: Flor (2009). Tarefa: Resenha 1 (vide modelo) – 1º envio</p>	Tópico I

<p>4^a (19/8 - 25/8) VC - Mecânica Geral</p>	<p>Atividade: Procurar outros artigos da área sobre essa temática (pelo menos 2), ler pelo menos o resumo deles, e colocar a referência correta no Fórum com o respectivo link. Atividade extra: Filmes indicados (página à parte): E a vida continua; O início do fim, Gattaca. Fórum Ciência & Tecnologia e Sociedade. Tarefa: Resenha 1 - 2o envio</p>	
<p>5^a (26/8 - 1/9) MEN: atividade tutor e VC / VC -INSPE A</p>	<p>Leitura no EF/ciências VC1: Discussão sobre leitura no EF Grupo 3 coloca Resenha 1 na wiki</p>	Tópico I
<p>6^a (2/9 - 8/9)</p>	<p>Divulgação científica - modelos de DC; Costa et al. (2010); Graciella e Munhoz (2009); Vídeos do Salto para o Futuro: DC e Educação Programa 1. DC e sociedade; Programa 3. DC e Mídia Programa 4. Outros olhares; Programa 5. Debate Resenha 2: Leitura e divulgação científica</p>	Tópico I
<p>7^a (9/9 - 15/9) INSPE A: atividade de tutor e avaliação</p>	<p>Parada 1 para produção das hiper mídias - acompanhamento e debates Fórum de Produção Grupo 4 coloca resenha 2 na wiki</p>	Tópico IV
<p>8^a (16/9 - 22/9) 2a chamada INSPE A / Atividade de tutor e avaliação Mecânica Geral</p>	<p>Continuação</p>	Tópico IV
<p>9^a (23/9 - 29/9) 2a chamada Mecânica Geral / Presenciais</p>	<p>LDB, PCN e DCNEM Fórum: Contextualização e interdisciplinaridade Presencial: 1a parte: Análise do GREF 2a parte: discussão da hiper mídia Grupo 5: coloca texto síntese da enquete na wiki</p>	Tópico II e III

10 ^a (30/9 - 6/10) Presenciais	LDB, PCN e DCNEM (cont.) Fórum (cont.) Presencial: Análise do GREF	Tópico II e III
11 ^a (7/10 - 13/10)	ENEM e outros temas na perspectiva do cotidiano Fórum (cont.) PNLD-EM e análise de livros didáticos	Tópico II e III
12 ^a (14/10 - 21/10) Avaliação dependência / Atividade de tutor e VC -Metodologia	Interações discursivas em sala de aula Pesquisa de artigos sobre o tema, síntese e questionamentos individuais VC2 – Análise coletiva de livros didáticos segundo o PNLD	Tópico I
13 ^a (22/10 - 28/10) 2a chamada dependência - VC - INSPE A	Interações discursivas em sala de aula Discussão no Fórum com base nos questionamentos e literatura lida anteriormente	Tópico I
14 ^a (29/10 - 3/11)	Interações discursivas em sala de aula Síntese das discussões e leituras na forma de uma Resenha	Tópico I
15 ^a (4/11 - 10/11) Atividade de tutor e avaliação -Mecânica Geral	Parada 2 para produção das hipermídias - acompanhamento e debates Fórum de Produção – entrega da hipermídia	Tópico IV
16 ^a (11/11 - 17/11) 2a chamada Mecânica Geral /Atividade de tutor e avaliação - INSPE A / Atividade de tutor e VC- Metodologia	Finalização de detalhes da hipermídia e elaboração da apresentação da hipermídia por meio do Fórum de Produção . VC3 - Apresentação da hipermídia produzida	Tópico IV
17 ^a (18/11 - 24/11) 2a chamada INSPE A / VC -Mecânica e Libras	Divulgação dos trabalhos no Blog Poderão utilizar o Fórum de Produção para construir o texto coletivamente antes de postá-lo no blog.	Tópico IV
18^a (25/11 - 1/12)	Linguagem matemática e seu papel estruturante na física	Tópico I

Avaliação dependência / VC - INSPE A (Modelização)	Resolução de problemas	
19ª (2/12 - 8/12) Atividade de tutor e avaliação - Mecânica / 2ª chamada de dependência / Atividade de tutor e VC - Metodologia	Linguagem matemática e seu papel estruturante na física Fórum – Linguagem matemática e papel estruturante Texto: [sobre este tema] VC – a ser elaborada	Tópico I
20ª (9/12 - 15/12) 2ª chamada de Mecânica / Avaliação - Libras / Atividade de tutor e avaliação - INSPE A / Avaliação dependência	Linguagem matemática e seu papel estruturante na física Síntese sobre o papel da matemática no conhecimento físico	Tópico I
21ª (16/12 - 22/12) 2ª chamada Libras e INSPE A / 2ª chamada dependência	Fórum síntese final Recuperação de Metodologia	Tópico I

III. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

Todos nós, equipe docente e estudantes, formamos nessa disciplina um coletivo que tem como objetivo produzir conhecimentos sobre educação em física no diálogo com a comunidade de pesquisa da área e materiais de educação em física por meio de TIC. Esses conhecimentos e materiais deverão ser divulgados publicamente no espaço da web, compartilhados com o mundo. Isso se dará por meio da wiki e do blog. A wiki e o blog serão os pontos de convergência de toda a nossa produção, ou seja, dos fóruns, resenhas.

No entanto, para que essa produção tenha consistência, seja relevante, ela será baseada em leituras, discussões e outras atividades de estudo e reflexão. Para isso, utilizaremos as ferramentas do moodle, como fóruns e tarefas, as buscas na internet, além dos encontros presenciais e as videoconferências.

Deste modo, o material produzido não “morrerá” dentro da disciplina, mas permanecerá na web abertamente, para retomadas e continuidades futuras.

Tanto a produção de hipermídia (vide detalhes no Ambiente Virtual), quanto a produção escrita para a wiki, serão realizadas em pequenos grupos a serem definidos, envolvendo necessariamente, estudantes de diferentes polos.

Fóruns – espaço de interação assíncrona, ou seja, não basta colocar sua ideia para “cumprir tarefa”, mas coloca-la buscando interação e respondendo, interagindo com outras pessoas. Alguns fóruns estão vinculados a temáticas desenvolvidas num determinado tempo, por exemplo, uma semana, segundo o cronograma. Ou sejam é nesse semana que você precisa interagir. Outro fóruns estão vinculados a atividades que acompanham a disciplina toda ou perpassam várias semanas ou serão retomados em diferentes semanas. Procure ficar atendo a isso.

Wiki – veja instruções no ambiente. Importante lembrar que está wiki está fora do Moodle, no espaço público virtual da rede.

Blog – “Física, Tecnologias, Mídias e Educação” – esta é outra ferramenta tecnológica que está fora do moodle, no espaço público virtual da rede. É importante, o quanto antes, fazer seu cadastro.

É fundamental a leitura e estudo dos textos indicados. A manifestação explícita da compreensão dos textos, evidenciando sua leitura prévia, será observada e avaliada nos fóruns.

Grande parte dos trabalhos será coletiva. Precisamos exercitar, com todos os seus problemas, aprendendo a administrá-los, a produção colaborativa. No entanto, as notas serão individuais, já que o processo será muito valorizado e não apenas o produto.

IV. AVALIAÇÃO

A contribuição individual para o coletivo será o principal elemento a ser valorizado na avaliação. Alguém pode ter uma produção individual excepcional, isso será avaliado, mas o principal será o quanto ela integra o coletivo, o quanto ela dialoga com o que tem sido produzido no grupo. Isso

Ante em nível de pequeno grupo, quanto no grande grupo. Assim, torna-se importante não apenas compreender um texto, mas compreender como o colega o compreendeu, compreender a compreensão do colega, relacioná-la com a sua.

Itens avaliados e respectivos pesos para compor a média final:

Produção de textos (tarefas, resenhas, wiki) – 0,3

Participação nos fóruns – 0,4

Produção da hiperídia – 0,3 (inclui: Fórum de produção, Apresentação, Produto e Divulgação do Blog)

Detalhes dos critérios de avaliação de cada atividades serão encontrados no ambiente.

VII. BIBLIOGRAFIA

ANGOTTI, J. A. Ensino de Ciências e Complexidade. In: Atas do II ENPEC – Encontro de Pesquisadores em Ensino de Ciências. CD-Rom. Valinhos, SP, 1999.

ANGOTTI, J. A. P. e DE BASTOS, F. P. **Metodologia e Prática do Ensino de Física I e II**. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2008.

BEVORT, E. e BELLONI, M. L. Mídia-educação: conceitos, história e perspectivas. *Educ. Soc.* [online]. 2009, vol.30, n.109, pp. 1081-1102.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Cad. Bras. Ens. Fis.*, 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9394, 20 de dezembro de 1996.

BRASIL, MEC. INEP. Exame Nacional do Ensino Médio: Documento Básico. Brasília, 1998.

BRASIL. MEC. PCN+ Ensino Médio. Arquivo eletrônico. Disponível no AVEA.

BRASIL. MEC. SEB. PCN. Ensino Médio: orientações complementares aos parâmetros curriculares nacionais das ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 2000.

BRASIL. MEC. SEF. Parâmetros Curriculares para o Ensino Fundamental. Brasília, 1998.

CASTELS, M. A Galáxia da Internet: reflexões sobre a internet, os negócios e a sociedade. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

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

CHRISPINO, A. O enfoque CTS-Ciência, Tecnologia e Sociedade e seus impactos no ensino. *Revista Tecnologia & Cultura*, ano 10, nº, 13, p. 7-17, jul./dez. 2008.

CRUZ, S. M. S. C. S. e ZYLBERSZTAJN, A. O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos. In: PIETROCOLA, M. (org.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*. 2a ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005, p. 171-196.

DELIZOICOV, D. & ANGOTTI, J. A. Física. Coleção Magistério – 2º Grau. São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, D. & ANGOTTI, J. A. Metodologia no Ensino de Ciências. Coleção Magistério. São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, D. et al. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2003.

DRIVER, R. et al. Construindo o conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, 9, maio, 1999. (trad. de artigo publicado no *Educational Research*, 23 (7), 1994. Disponível em: <http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc09/aluno.pdf>

DUARTE, M. e REZENDE, F. Construção discursiva na interação colaborativa de estudantes com um sistema hipermídia de Biomecânica, *REEC*, v.7. p. 399-419, 2008. http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen7/ART8_Vol7_N2.pdf

FERRARI, P. C.; ANGOTTI, J. A. P. e TRAGTENBERG, M. H. R.. Educação problematizadora a distância para a inserção de temas contemporâneos na formação docente: uma introdução à Teoria do Caos. *Ciênc. educ. (Bauru)* [online]. 2009, vol.15, n.1, pp. 85-104.

FLÔR, Cristhiane Cunha. A história da síntese de elementos transurânicos e extensão da Tabela Periódica numa perspectiva Feckiana. *Química Nova na Escola*, v. 31, p. 246-250, 2009.

GIL-PEREZ, Daniel; CARVALHO, Ana Maria, Formação de professores de ciências. Tendências e inovações. São Paulo: Cortez, 2003.

KELLNER, D. e SHARE, Jeff. Educação para a leitura crítica da mídia, democracia radical e a reconstrução da educação. *Educ. Soc.* [online]. 2008, vol.29, n.104, pp. 687-715.

KUHN, T. S. A Estrutura das Revoluções Científicas. São Paulo: Perspectiva, 1978.

LAW, J. O Laboratório e suas Redes. In CALLON, Michel (org), *La Science et ses reseau*. Paris, La Découverte. (Tradução de Ana Lúcia do Amaral Villasboas, revista por Ivan da Costa Marques). Disponível no NECSO – Núcleos de Estudo de Ciência & Tecnologia e Sociedade (UFRJ). 1989.

LEITE, M. S. Yves Chevallard e o conceito de transposição didática. In: _____. *Contribuições de Basil Bernstein e Yves Chevallard para a discussão do conhecimento escolar*. Rio de Janeiro, 2004. 116 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Educação, PUC-RJ. Disponível em:<http://www2.dbd.pucRio.br/pergamum/tesesabertas/0212105_04_cap_03.pdf>.

MIQUELIN, A. F. Contribuições das novas tecnologias à formação docente e ao ensino de Ciências. 2009. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica), UFSC. Cap. 2.

NEHRING, C. M.; PIETROCOLA, M. As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. *Ensaio. Pesquisa em Educação e Ciências, Minhas Gerais – Belo Horizonte*, v. 02, p. 99-122, 2000.

PIETROCOLA, M. (org.). *Ensino de física*. 2a ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

POSTMAN, N. *Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia*. São Paulo: Nobel, 1994.

REZENDE, F. . *As Novas Tecnologias na Prática Pedagógica sob a Perspectiva Construtivista*. Ensaio. *Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 1, p. 75-98, 2000.
<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/13/45>

REZENDE, F.; COLA, C. D.. *Hipermídia na educação: flexibilidade cognitiva, interdisciplinaridade e complexidade*. Ensaio. *Pesq. em Educ.em Ciências*, v. 6, n. 2, p. 10-30, 2004.
<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/81/128>

REZENDE, F. ; BARROS, Susana de Souza . *Desenho instrucional de um sistema hipermídia para aprendizagem de física baseado em elementos da mudança e do desenvolvimento conceituais*. *Enseñanza de las Ciencias*, v. Extra, p. 1-4, 2001.

SILVA, H. C. *Discursos e leituras da física na escola*. Brasília, DF: Editora Universa, 2004.

SILVA, H. C. Lendo imagens na educação científica: construção e realidade. Pro-Posições (Unicamp). v. 17, p.71 - 83, 2006. Disponível em: http://www.proposicoes.fe.unicamp.br/~proposicoes/textos/49_dossie_silva_hc.pdf

VEIT, E. A.; MORS, P. M. e TEODORO, V. D. Ilustrando a Segunda Lei de Newton no Século XXI. *Rev. Bras. Ensino Fis.* [online]. 2002, vol.24, n.2, pp. 176-184. <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v24n2/a14v24n2.pdf>.

Livros didáticos e projetos:

GRAF – 3 volumes. São Paulo: EDUSP, 1995

Portais, sites, blogs:

Portal do Professor – MEC: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>

Tópicos de Ciência e Tecnologias Contemporâneas -

<http://www.ced.ufsc.br/men5185/>

GRAF – Leituras em Física - <http://www.if.usp.br/gref/pagina01.html>

Pion: Portal de Divulgação e Ensino de Física da SBF:

<http://www.sbfisica.org.br/v1/novopion/>

ScienceBlogs – Portal com diversos blogs sobre Ciência -

<http://scienceblogs.com.br/>

Portal Ponto Ciência – UFMG - <http://www.pontociencia.org.br/>

Periódicos:

Caderno Brasileiro de Ensino de Física -

<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica>

Revista Brasileira de Ensino de Física -

<http://www.sbfisica.org.br/rbef/ojs/index.php/rbef>

Revista Física na Escola - <http://www.sbfisica.org.br/fne/>

Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências -

<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio>

RBPEC – Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências -

<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revista/index.html>

Ciência & Educação -

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=1516-7313&nrm=iso&rep=&lng=pt

Investigações em Ensino de Ciências - <http://www.if.ufrgs.br/ienci/>

Ciência & Ensino - <http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino>

Alexandria - <http://www.ppgeet.ufsc.br/alexandriarevista/>

Sociedade Brasileira de Física – SBF: <http://www.sbfisica.org.br/v1/>

Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências – ABRAPEC:

<http://www.nutes.ufjf.br/abrapec/enpecatual.html>

ANEXO V

Disciplina: INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA A
Professores:

PLANO DE ENSINO

I - OBJETIVOS GERAIS

- Os grandes objetivos gerais da disciplina podem ser resumidos nos seguintes:
- Refletir sobre as origens da construção do conhecimento científico
- Conhecer as bases epistemológicas do conhecimento científico
- Conhecer a origem e a estrutura dos textos didáticos de Física
- Propiciar uma leitura dos projetos de Física elaborados em meados do século XX
- Capacitar o conhecimento e o entendimento de instrumentos teóricos que contribuem para um ensino inovador de Física
- Instrumentalizar para o ensino de Física no Ensino Médio

II – DESENVOLVIMENTO DA DISCIPLINA

A disciplina foi planejada para ser desenvolvida em três unidades inter-relacionadas e cada uma subdividida em capítulos articulados entre si, conforme a descrição seguinte.

Capítulo 1 – Elementos de epistemologia

Objetivos:

- Definir epistemologia.
- Caracterizar a importância da epistemologia na formação de educadores em ciências.
- Caracterizar o valor da ciência na sociedade.
- Diferenciar a ciência de outras formas de conhecimento.

Capítulo 2 – Origem do conhecimento científico

Objetivos:

- Identificar as origens do pensamento ocidental
- Caracterizar a corrente inatista/racionalista.
- Explicitar as formas cartesianas de chegar ao conhecimento.
- Caracterizar a corrente empirista
- Diferenciar um racionalista de um empirista

Capítulo 3 - O método científico

Objetivos:

- Discutir o método científico
- Descrever as etapas de Bacon para o método experimental.
- Caracterizar o pensamento indutivista.
- Caracterizar o papel da observação na ciência moderna.
- Descrever as bases do positivismo-lógico

Capítulo 4 – Rompendo com o método

Objetivos:

- Caracterizar o pensamento epistemológico de Popper
- Caracterizar o pensamento epistemológico de Bachelard
- Descrever a concepção kuhniana de ciência.
- Caracterizar o termo “paradigma” do ponto vista kuhniano.

UNIDADE II – A LITERATURA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA

Capítulo 5 – Os textos didáticos para o ensino de Física

Objetivos:

- Caracterizar um compêndio de Física
- Diferenciar compêndio de projeto de ensino
- Caracterizar a epistemologia predominante nos compêndios

Capítulo 6 – Os projetos de ensino estrangeiros

Objetivos:

- Citar as origens do PSSC
- Enumerar as principais inovações adotadas pelo PSSC
- Citar as origens do Projeto Harvard
- Listar as diferenças e semelhanças entre os PSSC e o Projeto Harvard.
- Assinalar as bases teóricas/metodológicas adotadas pelo Projeto Piloto
- Comentar sobre o papel do laboratório didático em cada um dos projetos:
- PSSC, Harvard e Piloto.

Capítulo 7 – Os projetos de ensino brasileiros

Objetivos:

- Citar as razões que justificaram a formação dos grupos brasileiros
- Identificar as metodologias adotadas pelos projetos FAI e PEF.
- Descrever as bases de cada uma destas metodologias.
- Enunciar a proposta educacional do GREF.

UNIDADE III – AS NOVAS CONCEPÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA

Capítulo 8 – As concepções de ensino

Objetivos:

- Caracterizar ensino tradicional.
- Caracterizar a vertente tecnicista
- Esboçar os princípios da concepção freiriana
- Enunciar os fundamentos da visão construtivista de ensino

Capítulo 9 – Representações intuitivas

Objetivos:

- Caracterizar o que se entende por uma representação intuitiva
- Identificar uma representação intuitiva nas respostas dos alunos.
- Identificar a importância das representações intuitivas no processo de ensino.
- Identificar atitudes didáticas adotadas pelo professor em sala para trabalhar
 - com representações intuitivas.
- Distinguir as atitudes de um professor de transmissão daquele professor de interpretação.
- Caracterizar obstáculo epistemológico.
- Relacionar obstáculos epistemológicos com os diferentes momentos históricos.
- Caracterizar obstáculo pedagógico.
- Distinguir as diferentes origens dos obstáculos.
- Localizar obstáculos pedagógicos no ensino de Física

Capítulo 10 – Transposição Didática

Objetivos:

- Caracterizar o processo de Transposição Didático.
- Diferenciar os saberes: sábio, a ensinar e ensinado.
- Descrever a noosfera e a composição de seus grupos.
- Definir Práticas Sociais de Referência (PSR).
- Diferenciar os tempos: real (histórico), lógico, didático e de aprendizagem.
- Caracterizar os processos de despersonalização, dessincretização e descontextualização.

Capítulo 11 - O Contrato Didático

Objetivos:

- Caracterizar o que é Contrato Didático
- Assinalar os elementos do Contrato didático
- Diferenciar os diferentes efeitos do Contrato didático
- Relacionar a formatação da avaliação com o Contrato didático
- Indicar possibilidades de superar o Contrato Didático tradicional

Capítulo 12 - Resgatando a História da Ciência

Objetivos:

- Assinalar o papel da História da Ciência (HC) no ensino de Física.
- Determinar as omissões históricas na apresentação do conteúdo escolar.
- Relacionar as representações intuitivas (RI) com os períodos históricos da Física.
- Evidenciar ao longo da HC as principais linhas epistemológicas, suas convergências e suas divergências

Capítulo 13 - Modelos Científicos, Modelos Escolares e Modelização

Objetivos:

- Conceber a “visão de mundo” como um processo dinâmico que envolve multifatores.
- Situar o papel da Escola como colaboradora na construção de “visão de mundo” dos estudantes
- Caracterizar as diferentes justificativas dos alunos para não gostar de física.
- Refletir sobre o distanciamento entre o conhecimento físico e o cotidiano.
- Interpretar o que é “sentimento de realidade” e seu papel no processo de ensino de Física.
- Diferenciar realidade social de realidade física.
- Conceituar “modelo”.
- Relacionar modelo com a realidade física
- Caracterizar modelo representacional, imaginário e teórico.
- Diferenciar a modelização científica da modelização didática.
- Explicar o processo de modelização no ensino de Física.

III. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

- Exposição dialogada em dois encontros presenciais e duas videoconferências;
- Discussões dos textos nos fóruns do AVEA com colegas, tutores UFSC e pólo e professores;
- Discussões dos textos presencialmente com tutores pólo;

IV. AVALIAÇÃO

- A avaliação da disciplina vai considerar os seguintes itens:
- Participação nos fóruns previstos (mínimo uma participação por fórum)
- Elaboração de resumos, resenhas críticas e outras produções textuais.
- Duas provas escritas, presenciais e obrigatórias.

Fóruns: participação com a apresentação de argumentos (favoráveis ou não), crítica ou comentários (todos fundamentados em autores – fugir da “doxa”) de ideias tratadas no texto do capítulo. Poderão ser feitos contraditórios fundamentados das contribuições dos colegas, em ambiente de polêmica “acadêmica”. Manifestações casuais e sem fundamento serão desconsideradas.

Resumos: texto elaborado com um mínimo de 1.000 (mil) palavras que sintetiza as principais ideias do capítulo e texto(s) complementar(es). [Imaginar-se preparando “aula” sobre o capítulo e as “anotações de aula”.]

Resenha Crítica: elaboração de um texto com um mínimo de 1.500 (hum mil e quinhentas) palavras analisando de forma crítica e comentada os conteúdos tratados no capítulo e textos complementares.

Outras produções textuais: produções eventuais, solicitadas com antecedência, objetivando complementar o Resumo ou a Resenha Crítica.

Provas: Não serão solicitadas datas, definições ou memorizações. As questões de prova serão de cunho analítico, interpretativo ou comparativo.

Em consonância com a legislação da modalidade da educação a distância, a média final da disciplina será determinada atribuindo peso maior às atividades presenciais. A média das provas corresponderá a 60% da média final da disciplina. A média das atividades a distância, A, constituirá os 40% restantes. Haverá segunda chamada das provas presenciais para os estudantes faltosos que apresentarem justificativa.

O peso das notas das diversas atividades serão os seguintes:

- Participação nos fóruns (F) – peso 1,0 (hum vg zero)
- Resumos (R) – peso 1,5 (hum vg cinco)
- Resenhas críticas (RC) – peso 1,5 (hum vg cinco)
- Prova escrita (P) – peso 6,0 (seis vg zero)

A nota final (NF) será assim calculada:

$$NF = 0,4 [\Sigma Fi / ni + \Sigma Rj / nj + \Sigma RCk / nk] + 0,6 [\Sigma Pi / ni]$$

Serão considerados aprovados os estudantes que obtiverem média final igual ou superior a 6,0. Os estudantes que obtiverem média final entre 3,0 e 5,75 terão direito a realizar prova de recuperação. Nesse caso a média final será calculada pela média entre a nota do semestre e a nota da prova de recuperação.

V. QUADRO SINTÉTICO DAS ATIVIDADES NO AVEA

UNIDADE I – ORIGEM DO CONHECIMENTO

		Atividade	Ferramenta	Data
	Presencial	Epistemologia	Presencial na UFSC	28/julho
CAP 1/2	AVEA	Fórum 1: Discussão de questões feitas pelos tutores sobre os capítulos 1 e 2.	Fórum	28/julho 04/agosto
CAP 3/4	AVEA	Fórum 2: Discussão de questões feitas pelos tutores sobre os capítulos 3 e 4.	Fórum	05/agosto 18/agosto
Todos os capítulos	AVEA	Resumo: Síntese e resumo dos assuntos da Unidade I.	Resumo	31/agosto
Todos os capítulos	AVEA	VC1: Os grupos responderão a questões sorteadas	Videokonferência	01/setembro
Todos os capítulos	Polos	Prova 1	Prova	15/setembro

LEMBRANDO:

- Dia 01/setembro – VIDEO 1 (13:30 - 15:30)
- Dia 15/setembro – Atividade com Tutor no Polo (10:00 – 12:00)
- Dia 15/setembro – PROVA nº 1 (13:30 – 15:30)
- Dia 22/setembro – Segunda chamada PROVA 1 (8:00 - 10:00)

UNIDADE II – A LITERATURA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA

		Atividade	Ferramenta	Data
	AVEA	Sorteio de temas / conceitos		16/setembro
CAP. 5/6/7	AVEA	WIKI 1: Analisar o uso do conceito em Textos didáticos para o Ensino de Física e Projetos de ensino de Física	WIKI	16/setembro 29/setembro
CAP. 5/6/7	AVEA	Fórum 3: (Encerramento das WIKIs) Os estudantes devem apontar pontos em comum e divergentes sobre os projetos, analisando as WIKIs de colegas.	Fórum	30/ setembro 05/outubro

UNIDADE III – AS NOVAS CONCEPÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA

		Atividade	Ferramenta	Data
CAP. 8/9/10	Presencial	Aula sobre Concepções de Ensino, Representações Intuitivas (CA) e Transposição didática.	Aula No Polo	29/setembro e 06/outubro
CAP. 8	AVEA	Fórum 4: Discussão [e tirar dúvidas] sobre Concepções de Ensino e sua relação com a visão epistemológica	Fórum	06/outubro 13/outubro
CAP. 9	AVEA	Fórum 5: Discussão [e tirar dúvidas] sobre Concepções Alternativas	Fórum	14/outubro 20/outubro
CAP.10	AVEA	WIKI 2: Produzir uma proposta de nova TD para um conceito [a ser sorteado], levando em	WIKI	21/outubro 27/outubro

		consideração os cap. 8 e 9.		
CAP. 11 e 12	AVEA	Videoconferência 2: Contrato didático e História da Ciência. [Verificar se pode ser feita a atividade com tutor neste dia, para a leitura dos capítulos]	VC	27/outubro
CAP. 10	AVEA	WIKI 2 [cont.]: Continuar a produção de uma proposta de nova TD. Analisar o próprio texto.	WIKI	27/outubro 10/novembro
CAP. 8/9/10	Polos	Prova 2: Sobre os Capítulos 8, 9 e 10	Prova	17/novembro
CAP. 11	AVEA	Fórum 6: Contrato didático. Discussão baseada no livro-texto.	Fórum	17/novembro 24/novembro
CAP. 12	AVEA	WIKI 3: Desenvolver um texto didático baseado em História da Ciência sobre um conceito físico [mesmo da Wiki 3]. Estruturar uma sequência didática que faça uso desse texto em algum momento dela.	WIKI 4	25/novembro 01/dezembro
CAP. 13	AVEA	Videoconferência 3: Modelização [pode ser feito algum resgate de outro tema]	VC	01/dezembro
CAP. 11/12/13	AVEA	WIKI 3 [cont.]: Produzir uma proposta de modelização sobre o mesmo conceito destacando as etapas da construção do objeto-modelo (abstração e idealização) e a teoria geral a ser usada. Finalizar a sequência didática fazendo uso dessa atividade em algum momento dela.	WIKI	01/dezembro 15/dezembro
CAP. 11/12/13	AVEA	Prova 3: Sobre os Capítulos 11, 12 e 13	Prova	15/dezembro

ANEXO VI

Atividade Mecânica-Metodologia

Essa semana (17/09 a 22/09), pensamos atividades que possam convergir com os estudos de vocês de Mecânica Geral. Ao mesmo tempo que discutirão, revisarão e aprofundarão aspectos do conteúdo de Mecânica, estaremos refletindo aspectos da física importante para pensarmos suas metodologias e seu ensino. O foco será no papel da matemática no conhecimento físico. Para isso, elaboramos uma lista de questões que deverão ser entregues até 6a feira (21/09). Haverá um fórum aberto sobre a lista, cuja participação não é obrigatória, pois ainda retomaremos as questões colocadas ali, no final da disciplina. (Busque no livro de Mecânica Geral ou em outras fontes, informações que podem lhe auxiliar a responder estas questões).

Capítulo 1 – Leis de Newton

Questão 1 – Porque utilizamos vetores? O que a ideia de vetor (que é matemática) contribui, modifica, ajuda o conceito de força? Toda força é vetorial?

Questão 2 - Na questão 1 da lista de exercícios sobre o capítulo 1, o que justifica utilizarmos as funções trigonométricas (seno e cosseno) na resolução deste exercício?

Capítulo 2 – Oscilações

Questão 1 - Há movimentos oscilatórios não harmônicos? Há movimentos oscilatórios não-harmônicos? Em que outros campos da física, além da mecânica, as funções trigonométricas teriam um papel análogo?

Questão 2 – As funções $x(t) = A \sin(\omega_0 t + \varphi)$ e $x(t) = e^{\lambda t}$ são soluções para as equações diferenciais do movimento harmônico simples ($m\ddot{x} = -kx$ ou $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$, onde $\omega_0^2 = k/m$). O que significa dizer que estas funções são soluções para as equações diferenciais mencionadas? Fisicamente, por que estas equações são soluções para o caso do oscilador harmônico simples? O que elas têm em comum?

Questão 3 – As funções:

(a) $x(t) = e^{-\gamma t} (B \sin \omega_1 t + C \cos \omega_1 t)$ ou $x(t) = A e^{-\gamma t} \cos(\omega_1 t + \varphi)$

(b) $x(t) = e^{-\gamma t} [A \cosh(\omega_2 t) + B \sinh(\omega_2 t)]$

(c) $x(t) = (B_1 + B_2 t) e^{-\gamma t}$

são soluções para as equações diferenciais para o oscilador amortecido ($m\ddot{x} = -kx - b\dot{x}$ ou $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$, onde $\gamma = b/2m$).

(i) De fato, o que representa o amortecimento nas respectivas equações? Como ele pode ser determinado?

(ii) As equações a, b e c são respectivamente soluções para os casos dos osciladores harmônicos subamortecido, superamortecido e criticamente amortecido. Quê semelhanças/diferenças há matematicamente nas equações e o que estas semelhanças/diferenças representam fisicamente?

(iii) Qual é/são as diferenças entre funções seno e cosseno comparadas com seno e cosseno hiperbólicos? Fisicamente, o que esta diferença representa?

Questão 3 – Como você pode justificar que a solução $x = e^{-\gamma t} (A \cosh \omega_2 t + B \sinh \omega_2 t)$ apresentada na página 61 do livro texto é equivalente à solução $x = e^{-\gamma t} (C_1 e^{\omega_2 t} + C_2 e^{-\omega_2 t})$ da página 59 para o caso do oscilador harmônico superamortecido?

Questão 4 – Leia a frase a seguir na página 48 do livro-texto de Mecânica Geral: "Quando um sistema massa-mola está em equilíbrio e é levemente deslocado de sua posição, o movimento oscilatório resultante é dito harmônico, ou seja, as oscilações são lineares, e com isso queremos dizer que a força restauradora é uma função linear do deslocamento."

"Traduza" o mais precisamente possível as ideias dessa frase em equações e expressões matemáticas, ou seja, como você pode relacionar as palavras desta frase com as equações matemáticas?

Questão 5 – O gráfico a seguir contém 3 curvas que representam 3 casos de osciladores amortecidos distintos. Indique (aproximadamente) e justifique o tipo de oscilação que corresponde a cada uma das curvas, a amplitude máxima e o tempo correspondente a esta. Escreva também o tipo de equação que corresponde a cada caso (apenas escreva a "cara" geral da equação que representa cada tipo de movimento). Em qual(is) dos casos podemos dizer que há oscilação(ões)? Por quê?

