

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE

RHODRIGGO MENDES VIRGINIO

REFERENCIAIS NÃO-INERCIAIS E FORÇAS FICTÍCIAS:
A PROPOSIÇÃO DE UM E-BOOK COM ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Melquisedec Lourenço da Silva, D.Sc.

NATAL-RN
2017

REFERENCIAIS NÃO-INERCIAIS E FORÇAS FICTÍCIAS: A PROPOSIÇÃO DE
UM E-BOOK COM ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO

RHODRIGGO MENDES VIRGINIO

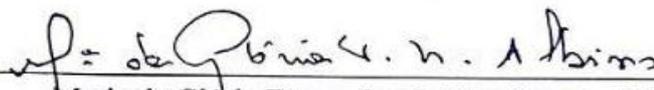
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 26 / 09 / 17,
pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA



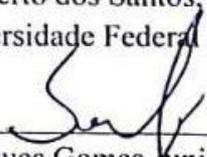
Melquisedec Lourenço da Silva, Dr. - Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Maria da Glória Fernandes do Nascimento Albino, Dra. - Coorientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Carlos Alberto dos Santos, Dr. - Examinador Externo
Universidade Federal Rural do Semi-Árido



Samuel Rodrigues Gomes Junior, Dr. - Examinador Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Virginio, Rhodriggo Mendes.

V816r Referencias não-inerciais e Foças fictícias: a proposição de um e-book com abordagem para o ensino médio / Rhodriggo Mendes Virginio. – 2017.

85 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal, 2017.

Orientador: Dr. Melquisedec Lourenço da Silva.

Catálogo na Publicação elaborada pela Seção de Processamento Técnico da Biblioteca *Campus Caicó* do IFRN.

Dedico esta dissertação ao Pedro e ao Miguel, meus filhos e motivos do maior amor que já pude sentir. À minha querida esposa, companheira, amiga, conselheira, Débora Luiza. Aos meus amados pais, José Mendes Virginio e Maria de Fátima Mendes Virginio. Ao meu irmão, Huggo Mendes Virginio. E por fim, ao meu saudoso tio Cristódio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, José Mendes Virginio e Maria de Fátima Mendes Virginio, por terem plantado em mim a semente que me tornou tudo que sou.

Ao meu irmão, Huggo Mendes Virginio, por todo o carinho e parceria ao longo de toda a vida.

Agradeço especialmente à minha amada esposa, Débora Luíza, por aturar os momentos de estresse, por ter sempre me apoiado a ir cada vez mais longe e por dizer sempre o que eu precisava ouvir.

Aos meus filhos, pelos momentos de espera para ter a minha atenção.

Agradeço também a toda minha família que sempre depositou confiança e otimismo em tudo o que já conquistei e que sempre esteve comigo vibrando pelas vitórias alcançadas.

Agradeço ao meu orientador Melquisedec Lourenço da Silva e a minha coorientadora Maria da Glória Fernandes do Nascimento Albino pelos ensinamentos e direcionamentos que me levaram a cumprir um estágio tão importante da minha vida acadêmica e profissional.

Aos professores do Mestrado Profissional em Ensino de Física – Polo IFRN – Campus Natal Central, pelas contribuições ao longo do programa e por todo os ensinamentos que me serão úteis em minha prática profissional.

Aos meus amigos, Ricardo, Alessandro, Bottini, Jonas e todos os outros colegas de profissão que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço aos meus companheiros da turma 2015 do MNPEF pelos momentos de aprendizado, descontração, companheirismo e parceria durante toda essa caminhada.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo incentivo financeiro destinado aos Estudantes de Pós-Graduação Stricto Senso.

A todos os meus alunos e ex-alunos, especialmente aos da turma da 2ª série de informática Campus Caicó do IFRN, pela contribuição na pesquisa e execução das atividades proposta.

RESUMO

Nas últimas quatro décadas, a pesquisa em ensino de Física no Brasil teve um grande avanço, porém as aplicações dos resultados dessas pesquisas não têm ocorrido em um ritmo satisfatório. Nas últimas décadas, apontam a necessidade do desenvolvimento de metodologias que possibilitem o estudante construir seu conhecimento de forma contextualizada e motivadora, tornando possível o cumprimento dos objetivos propostos para o ensino desse componente curricular nos documentos oficiais da educação nacional. Nesse sentido, a proposição de um *e-book* com vídeos para o estudo dos referenciais não-inerciais e das forças fictícias pode auxiliar os professores a romper concepções alternativas por meio da definição de leis e seus limites. Para tanto, o presente trabalho tem como objetivo a elaboração de um *e-book* para trabalhar os referenciais não-inerciais e as forças fictícias no Ensino Médio em uma perspectiva construtivista. Os resultados do diagnóstico inicial mostraram uma necessidade formativa relativa às Leis de Newton e suas aplicações e limites. Para cumprir os objetivos propostos foi produzida uma sequência de atividades subsidiadas pelos vídeos produzidos e pautadas nas ideias do conflito cognitivo. Foi organizado um manual de uso dos vídeos contidos no ebook, em forma de unidade didática, como sugestão de aplicação das atividades. A aplicação desse produto educacional (*e-book* e unidade didática) em uma das turmas pesquisadas permitiu a avaliação desse produto educacional. As discussões geradas em cada momento da aplicação revelaram um estímulo à interação entre os alunos e com o material apresentado. Ao final da unidade didática, as concepções alternativas, aparentemente, não eram utilizadas em explicações e exemplos e a aprendizagem significativa daqueles conteúdos podia ser percebida na resolução de situações-problemas mais complexas utilizando os conhecimentos construídos ao longo do trabalho realizado.

Palavras-chave: Ensino de Física. *Ebook*. Referenciais não-inerciais. Forças fictícias. Conflito cognitivo.

ABSTRACT

In the last four decades, the research on Physics teaching in Brazil suffered major breakthrough, but the applications of the results of these researches have not occurred at a satisfactory pace. The results of them on Physics teaching in recent decades highlight the need to develop methodologies that allow the students to build their knowledge in a contextualized and motivating way, making possible the achievement of the proposed objectives for teaching that curricular component in the national education official documents. In this sense, the proposition of an e-book with videos for the study of non-inertial reference frames and fictitious forces can assist teachers to break alternative concepts through defining laws and their limits. To this end, the present work has as objective the development of an e-book for working the non-inertial reference frames and the fictitious forces in high school on a constructivist perspective. The results of the initial diagnosis showed a need for training on the Newton laws and their applications and limitations. To fulfill the objectives proposed, it was produced a string of activities funded by the produced videos and based on the ideas of cognitive conflict. It was also organized a manual use of the videos contained in the ebook, in a didactic unit format, as a suggestion of application activities. The implementation of this educational product (e-book and didactic unit) in one of the groups surveyed allowed the evaluation of this educational product. The discussions generated at every moment of application revealed a stimulus to the interaction between the students and the material presented. At the end of the teaching unit, the alternative conceptions, apparently, were not used in the explanations and examples, and the meaningful learning of those contents could be perceived in the resolution of more complex problems situations using the knowledge constructed throughout the work.

Keywords: Physical education. Ebook. Non-inertial frames. Fictitious forces. Cognitive conflict.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Interface do software SIGIL semelhante à de um editor de texto comum.....	35
Figura 2: Interface do software SIGIL apresentando o código HTML do texto	36
Figura 3: Exemplos de leitores de ePub para dispositivos móveis.....	36
Figura 4: Plataforma móvel para a realização dos experimentos	39
Figura 5: “Rodinhas” utilizadas na parte de baixo da plataforma móvel	39
Figura 6: Trilhos sobre os quais a plataforma móvel se movimenta	39
Figura 7: Eletroímã para acionamento da queda da esfera.....	40
Figura 8: Sensor de movimento.....	40
Figura 9: Motor que traciona a plataforma móvel por meio de um barbante	40
Figura 10: Plataforma na qual foram realizados os experimentos.....	41
Figura 11: Vídeo 01 - Queda livre sobre uma plataforma móvel (o experimento)	41
Figura 12: Vídeo 02 - Queda livre sobre uma plataforma móvel (câmera sobre a borda da plataforma).....	42
Figura 13: Vídeo 03 - Queda livre sobre uma plataforma móvel (câmera fixa no solo).....	42
Figura 14: Vídeo 04 - Queda livre sobre uma plataforma móvel (dois referenciais simultâneos).....	43
Figura 15: Vídeo 05 - Um pêndulo em repouso	43
Figura 16: Vídeo 06 - Queda livre não vertical	44
Figura 17: Vídeo 07 - Força inercial sobre o pêndulo.....	44
Figura 18: Vídeo 08 - Força inercial sobre o corpo em queda livre	45
Figura 19: Vídeo 09 - Forças em um corpo sobre uma balança	45
Figura 20: Vídeo 10 - Força inercial sobre um corpo a bordo de um elevador (parte I).....	46
Figura 21: Vídeo 11 - Força inercial sobre um corpo a bordo de um elevador (parte II)	46
Figura 22: Vídeo 12 - Força centrífuga em uma máquina de lavar.....	47
Figura 23: Vídeo 13 - Corpo preso a uma mola em uma máquina de lavar.....	47
Figura 24: Vídeo 14 - Efeito Coriolis.....	48
Figura 25: Percurso metodológico.....	49
Figura 26: Alunos da Turma I participando a aplicação do produto educacional.....	64
Figura 27: Alunos da TURMA I participando do segundo momento	65
Figura 28: Aluno da Turma I sendo apresentado ao e-Book.....	66

Figura 29: Alunos da TURMA I participando do terceiro momento	66
Figura 30-a): pêndulo em repouso (relembrando os conceitos já construídos); b): pêndulo deslocado do equilíbrio (conflito cognitivo); c): conscientização do conflito cognitivo	69
Figuras 31: a) queda livre (abordagem do conhecimento já construído anteriormente); b) queda livre não vertical (conflito cognitivo); c) conscientização do conflito cognitivo	69
Figura 32: a), b) e c), sequência na qual se trabalhou a superação do conflito cognitivo	71
Figura 33: a) e b), sequência na qual se trabalhou a superação do conflito	72
Figura 34: a), b), c) e d): Relembrando os conceitos anteriormente construídos sobre o funcionamento de balanças.....	73
Figura 35: Exposição da ação da força centrífuga sobre a massa presa à mola	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5-1: Análise das respostas da TURMA I.....	55
Gráfico 5-2: Análise das respostas da TURMA II.	55
Gráfico 5-3: Análise das respostas da TURMA III.	56
Gráfico 5-4: Análise das respostas da TURMA IV.....	57
Gráfico 5-5: Análise das respostas de todos os alunos.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista de livros de Física selecionados no PNLD 2014.	20
Quadro 2: Análise dos critérios de abordagem do tema Referenciais não-inerciais e forças fictícias nos livros do PNLD 2014.	22
Quadro 3: Distribuição e tema de cada capítulo do e-Book “O Movimento segundo um Referencial Não-inercial”.	37
Quadro 4: Vídeos do e-Book “O Movimento segundo um Referencial Não-Inercial”.	38
Quadro5: Objetivos das questões do teste de avaliação diagnóstica.	50

LISTA DE SIGLAS

AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CNLD	Comissão Nacional do Livro Didático
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EPEF	Encontro de Pesquisa em de Física
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
IBECC	Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
IFRN	Instituto Federal do Rio Grande do Norte
MEC	Ministério da Educação
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PDF	Portable Document Format
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PSSC	Physical Science Study Committee
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física Ensino
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
TSG	Grupo de Serviços Técnicos

SUMÁRIO

Capítulo 1 Introdução	14
1.1 Problematização e Motivação	15
1.2 Objetivos	16
<i>1.2.1 Objetivo Geral</i>	16
<i>1.2.2 Objetivos Específicos</i>	16
1.3 Estrutura da dissertação	16
Capítulo 2 Revisão da Literatura	17
2.1 O livro didático e o PNLD	17
2.2 Análise da abordagem do tema nos livros de Física do PNLD	19
2.3 A influência do PSSC	25
Capítulo 3 Referencial Teórico	27
3.1 A evolução do conceito de movimento	27
3.2 Referenciais não-inerciais e forças fictícias	29
3.3 O uso de e-Books como ferramentas de aprendizagem	31
3.4 Teoria assimilação, acomodação e equilíbrio de Piaget	32
Capítulo 4 O Produto Educacional: Referenciais Não-inerciais e Forças Fictícias no Ensino Médio	34
4.1 Apresentação do produto educacional	34
4.2 O software SIGIL	34
4.3 O Conteúdo do e-Book	37
<i>4.3.1 Os vídeos do produto educacional</i>	38
Capítulo 5 Procedimentos Metodológicos	48
5.1 Os sujeitos da pesquisa	48
5.2 O percurso metodológico	49
5.3 A avaliação diagnóstica	50
5.4 Análise da avaliação diagnóstica	54
5.5 A aplicação do produto educacional	59
<i>5.5.1 O primeiro momento</i>	60
<i>5.5.2 O segundo momento</i>	64
<i>5.5.3 O terceiro momento</i>	66
Capítulo 6 Considerações Finais	78
Referências Bibliográficas	82

Capítulo 1

Introdução

No Brasil, a pesquisa acadêmica sobre ensino de Física vem apresentando grande avanço nas últimas três décadas. Segundo Moreira (1999), a pesquisa em ensino de Física começou a emergir com o estudo das concepções alternativas na década de setenta e consolidou-se na década de oitenta com pesquisas sobre a mudança conceitual. Ainda para Moreira, a partir do fim do século XX, a pesquisa em ensino de Física manteve-se em plenitude com investigações diversificadas na resolução de problemas, representações mentais dos alunos, concepções epistemológicas e formação dos professores. Pena (2004) enfatiza que, nas décadas de setenta, oitenta e noventa, surgiram os grandes veículos de divulgação e de publicação de trabalhos científicos sobre o ensino de Física. O Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) são exemplos dos disseminadores dos resultados da pesquisa em ensino de Física no Brasil.

Ainda assim, Pena (2004, p.293) afirma que “apesar do grande avanço da pesquisa acadêmica sobre ensino de Física no Brasil, no sentido da compreensão dos problemas relativos ao ensino dessa Ciência, e da existência de um sistema de divulgação (periódicos, eventos, dissertações, teses, cursos de pós-graduação, etc), ainda há pouca aplicação desses resultados em sala de aula”. Marandino (2003) aponta que a prática pedagógica das pesquisas do campo de ensino de ciências ainda encontra resistências, pois os professores ainda têm uma prática marcada por perspectivas tradicionais de ensino-aprendizagem. Para a autora, os motivos podem ser políticos e econômicos da própria Educação ou a própria formação inicial dos professores de Ciências. De fato, apenas pesquisar o problema pode não ser suficiente para resolvê-lo e, além disso, o resultado das pesquisas nem sempre abrangem as condições particulares dos professores que não tenham participado delas. Dessa forma, esses professores necessitam ainda adaptar os resultados à realidade de suas escolas ou de sua comunidade e isso exige uma maior preparação tanto do professor quanto da própria prática a ser realizada. Esse tem sido, inclusive, grande problema, pois uma carga horária excessiva acompanhada de uma grande quantidade de trabalho a ser realizado fora dos horários de expediente, como preparação e correção de avaliações, leva o professor a refletir se agregar um tempo a mais para analisar uma pesquisa, adaptá-la e aplicá-la é uma opção de custo-benefício favorável.

De qualquer forma acreditamos que, para atingir os objetivos do ensino de Física determinados pelos documentos oficiais, atingindo uma parcela maior dos estudantes submetidos aos processos de ensino-aprendizagem, é importante dar atenção aos resultados das pesquisas sobre ensino de Física e praticá-las mesmo diante de todas as dificuldades apresentadas. A pesquisa pode resultar na elaboração de estratégias e metodologias cuja eficiência é muito superior à das práticas mais tradicionais e a consequência disso pode ser obter um maior rendimento no letramento científico efetivo.

1.1 Problematização e Motivação

A busca por cumprir os objetivos do ensino de Física e esclarecê-los aos discentes dando-lhes, com essa compreensão, a imediata resposta ao comum questionamento “por que estudar Física?” fez surgir a problemática sobre a descrição de fenômenos por referenciais não-inerciais. Em sala de aula, percebeu-se a tendência dos alunos em não dar importância ao referencial adotado para a descrição de um fenômeno e que as Leis de Newton eram soberanas na explicação deles. Viu-se aí o surgimento de concepções alternativas sobre esse tema que podem ter sido provocadas pela ausência de abordagem desse tema ou pela forma como foi abordada (caso tenha ocorrido). Era necessário trabalhar o tema, pois permitir a compreensão dos fenômenos com os quais um indivíduo convive está entre os objetivos do ensino de Física.

Para isso, decidimos realizar uma pesquisa para obter informações de como os livros selecionados pelo PNLD abordam o tema e analisarmos se aquela abordagem apresenta uma sequência didática suficiente para segui-la à risca ou se seria necessário acrescentar outros aspectos. O resultado foi que apenas duas, dentre as obras analisadas, apresentavam uma abordagem, no nosso ponto de vista, relevante, mas que necessitavam de um complemento. Em geral, os livros didáticos dessa coleção do PNLD apresentam deficiência quanto à forma como abordam o conteúdo, quanto aos exemplos utilizados e quanto aos exercícios propostos. Entendemos a dificuldade de, utilizando a escrita e algumas imagens em papel, demonstrar ou exemplificar um fenômeno observado por um referencial que não é tão comumente trabalhado. Por isso, propomos a utilização de estratégias.

Assim, decidimos intervir nessa problemática utilizando resultados de pesquisas em ensino de Física agregados a teorias de aprendizagem para produzir um material que pudesse suprir essa necessidade explícita no Ensino Médio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é a elaboração de um e-book para trabalhar os referenciais não-inerciais e as forças fictícias no Ensino Médio em uma perspectiva construtivista.

1.2.2 Objetivos Específicos

Como ações para alcançar o objetivo geral, temos os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Pesquisar nos livros do PNLD como é feita a abordagem do tema proposto;
- ✓ Elaborar e aplicar uma atividade diagnóstica para averiguação dos conhecimentos prévios dos alunos;
- ✓ Construir um aparato experimental para a realização de experimentos;
- ✓ Produzir vídeos dos experimentos realizados;
- ✓ Editar vídeos para atender a perspectiva construtivista de apresentação do tema.
- ✓ Construir um *e-book* contendo os vídeos produzidos como produto educacional;
- ✓ Elaborar um manual didático de uso do e-book como sugestão de aplicação também como produto educacional.
- ✓ Aplicar o produto e simultaneamente avaliar o desempenho dos alunos com relação à metodologia adotada.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos que sequenciam desde a motivação até a construção e uso de um livro digital (*e-book*) a partir do qual se sugere trabalhar o tema Referenciais Não-Inerciais e Forças Fictícias no Ensino Médio. O ebook é o próprio objeto de estudo e propõe a exibição de vídeos em uma sequência baseada nos estudos que serão citados ao longo deste texto.

O primeiro capítulo exhibe como introdução uma breve discussão sobre a pesquisa em ensino de Física no Brasil e discute a motivação e problemática que envolve a decisão pelo tema do trabalho.

No capítulo 2, apresenta uma revisão da literatura expondo a importância do livro didático no ensino de Física e as características do Programa Nacional do Livro Didático. Exploraremos a análise da abordagem do tema Referenciais não-inerciais e forças fictícias nos livros didáticos do PNLD, salientando determinados critérios. Este capítulo apresenta um breve histórico sobre o PSSC, sua influência no Ensino de Física no Brasil e sua importância para esse trabalho.

O Referencial teórico, capítulo 3, versa sobre o estudo da evolução histórica do conceito de movimento no qual apresentaremos as ideias de importantes nomes que contribuíram para essa evolução. Na sequência, discute sobre o tema com referências em autores que produziram material destinado ao ensino superior e, por fim, a discussão sobre a teoria da desequilíbrio de Jean Piaget.

O capítulo quatro caracteriza o produto educacional produzido detalhando a construção do livro digital, os experimentos construídos e os vídeos produzidos explicitando os objetivos de cada um deles.

O quinto capítulo relata a aplicação da atividade diagnóstica bem como os seus resultados e a aplicação do produto mediante a análise de tais resultados.

Por fim, o capítulo seis exhibe as considerações finais em que expomos os aspectos positivos e negativos da produção e execução do trabalho.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

2.1 O livro didático e o PNLD

O livro didático, segundo Choppin (2004) *apud* Garcia (2012), constitui-se em um suporte de conteúdos educativos onde estão depositados conhecimentos e técnicas ou habilidades que determinado grupo social julga necessário transmitir às novas gerações. Frison (2009) explicita que,

Ao analisar a importância atribuída ao livro didático pelos professores na preparação e desenvolvimento de suas aulas e quais suas contribuições na formação dos estudantes percebe-se que ele se constitui em um dos materiais didáticos e, como tal, passa a ser um recurso facilitador da aprendizagem e instrumento de apoio à prática pedagógica (FRISON et al, 2009, p.4).

Dentre as opiniões dos professores com quem o autor realizou a pesquisa, estava a de que “o livro didático auxilia o estudante a ampliar sua compreensão, interpretação e, também, ao professor, a conduzir os temas e orientar a pesquisa”. Já na perspectiva do estudante, “é

importante utilizar o livro didático, porque ele ajuda a entender melhor o conteúdo, através de fotos, explicações e até na facilidade de não precisar escrever”.

O livro didático, dessa forma, se torna uma ferramenta que cumpre importante papel no ensino. De acordo com Hallewell (2005) *apud* Garcia (2012), pode-se registrar a história do uso do livro didático no Brasil a partir de 1837 quando foi criado Colégio D. Pedro II, no Rio de Janeiro e, segundo Lorenz (2008) *apud* Garcia (2012), os livros utilizados naquela época eram geralmente de origem francesa. Após as primeiras décadas do século XX, a influência francesa foi sendo substituída pela influência norte americana, principalmente nos livros de ciências, dado o grande investimento no ensino de ciências nos Estados Unidos motivado pela corrida espacial que este “travava” com a União Soviética. Segundo Coimbra (2007) *apud* Moraes (2011), os livros utilizados enquanto a influência francesa era predominante, tratavam os conteúdos em um enfoque meramente conceitual, não havendo contribuições para um ensino de ciências experimental, priorizando a aquisição e transmissão de conteúdos teóricos e abstratos sem que houvesse o desenvolvimento de procedimentos. Sob a influência norte-americana, o ensino brasileiro utilizava livros didáticos, mas também fora do seu contexto. Ou seja, utilizava-se um material construído para atender os objetivos norte-americanos que não eram necessariamente os mesmos que o da educação brasileira.

Em 1938, de acordo com o site do FNDE, por meio do Decreto-Lei nº 1.006, de 30/12/38, foi instituída a Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), estabelecendo sua primeira política de legislação e controle de produção e circulação do livro didático no País. Tal decreto deliberava sobre a liberdade de escolha, por parte dos diretores das escolas primárias, dos livros a serem utilizados, desde que fizessem parte da relação oficial das obras de uso autorizado (COIMBRA *apud* MORAES, 2011). Essa deliberação possibilitou a adaptação do livro didático, na medida do possível, às propostas do ensino brasileiro e, além disso, promoveu uma maior qualidade dos livros selecionados. O Programa Nacional do Livro Didático, o PNLD, o mais antigo programa brasileiro de distribuição de livros didáticos a estudantes das escolas públicas brasileiras, iniciou em 1929 com outra denominação, sofreu diversos processos de aperfeiçoamento e teve várias formas de execução ao longo de todos esses anos. Atualmente, no referente à educação básica, apenas o ensino infantil não é atendido por esse programa.

De acordo com a RESOLUÇÃO CD/FNDE nº 42, de 28 de agosto de 2012, art.1º, o Estado deve “prover as escolas públicas de ensino fundamental e médio com livros didáticos e acervos de obras literárias, obras complementares e dicionários, no âmbito do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)”. Essa ação é executada a cada ano atendendo a uma

determinada etapa de ensino de maneira a adquirir, distribuir obras para tal etapa e ainda repor material para aquelas que não estão sendo contempladas no referente ano. A execução para cada uma das etapas ocorre num ciclo de três anos, ou seja, uma vez selecionado, adquirido e distribuído, uma nova seleção é feita decorridos três anos.

Para o processo de seleção, o MEC lança um edital no qual especifica os critérios para a inscrição das obras. Essas obras são avaliadas e, na sequência, lança-se o Guia do Livro Didático que contém as resenhas de cada obra aprovada e o disponibiliza para as escolas. Cada escola, de acordo com o seu planejamento pedagógico, seleciona a obra que pretende adotar e a solicita ao MEC.

2.2 Análise da abordagem do tema nos livros de Física do PNL D

Em uma sociedade organizada quase exclusivamente pelo desenvolvimento tecnológico onde a ciência tem um papel fundamental na busca da harmonia da relação entre o desenvolvimento da sociedade e o meio que lhe cerca, o ensino de Física deve contemplar não só conceitos e formulação matemática, mas também essa ciência que se desenvolve desde os primeiros filósofos. De acordo com os PCN'S, espera-se que o ensino de Física:

Contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. (BRASIL, 1997, p. 22)

Ou seja, é imprescindível que o indivíduo possa desenvolver a capacidade de interpretar, descrever e prever os fenômenos e os processos naturais. Ao desenvolver tais habilidades, o indivíduo torna-se agente de sua aprendizagem, adaptado à convivência com o meio que lhe cerca e apto a contribuir para o desenvolvimento da sociedade. Assim, um indivíduo desprovido desses critérios possivelmente apresentará dificuldades em avaliar a melhor maneira de interação com o meio tendo em vista a sua deficiência na compreensão dos fenômenos que nele ocorrem. De fato, percebe-se a necessidade da correta compreensão das leis da natureza e suas aplicações.

Nessa Perspectiva, dentre os tópicos propostos para o ensino de Física no Ensino Médio, consideramos que as Leis de Newton compõem o conteúdo de aprendizagem conceitual de maior relevância, pois esse conjunto de leis é a base para a compreensão de quase todos os outros tópicos. Instrumentalizado pelo conjunto das três Leis de Newton, um

aluno do Ensino Médio está munido de argumentos que lhe permitem descrever o comportamento de corpos e, por consequência, de diversos outros fenômenos e processos naturais. Porém, essas leis estão limitadas a permitir a descrição de fenômenos naturais avaliados apenas a partir de referenciais inerciais (referenciais que se apresentam em repouso ou em movimento retilíneo uniforme em relação à Terra). Ou seja, para referenciais que se movem de maneira que suas velocidades em relação à Terra mudam com o decorrer do tempo as Leis de Newton não podem ser utilizadas, uma vez que não fornecem a explicação correta para os fenômenos analisados.

A utilização das leis de Newton nesse tipo de situação pode produzir a construção de uma concepção espontânea¹, a respeito da descrição de fenômenos que ocorrem em referenciais não-inerciais (referenciais acelerados em relação à Terra), caso essa “exceção” à aplicação das Leis de Newton não seja trabalhada e esclarecida por um mediador/professor. Naturalmente um aluno poderá interpretar e descrever o fenômeno com base em referenciais inerciais mesmo sendo solicitado uma análise a partir de um referencial não inercial. Ou seja, o aluno acaba utilizando as Leis de Newton para explicar um fenômeno fora dos limites de aplicação delas.

Outro fato que pode culminar na falha citada é a forma como os materiais didáticos do ensino médio abordam tal particularidade dessas leis. Em alguns casos é possível que tal abordagem nem ocorra, o que pode levar ao erro na interpretação de fenômenos.

Os alunos da rede pública de ensino do nosso país têm acesso aos livros didáticos selecionados no PNL D. Em muitos casos, são a única fonte da qual obtém os subsídios para a construção do conhecimento. A tabela a seguir expõe as obras aprovadas pelo PNL D 2014² bem como os autores, a edição e a data de publicação de cada uma delas.

Quadro 1: Lista de livros de Física selecionados no PNL D 2014

	Título da obra/editora	Autor (es)	Edição/ Ano da publicação
1	COMPREENDENDO A FÍSICA -vol.1 Ed. Ática	Alberto Gaspar	2ª edição /2013
2	CONEXÕES COM A FÍSICA – vol.1 Ed. Moderna	Gloria Martini Walter Spinelli Hugo Carneiro Reis	2ª edição /2013

¹ Concepção espontânea - ideias intuitivas também chamadas de erros conceituais, concepções alternativas, concepções espontâneas, entre outros. São concepções formadas no cotidiano, nem sempre compatíveis com as explicações científicas. (CLEMENT, DUARTE & FISSMER, 2009).

² O processo de seleção do PNL D de 2014 foi o último até a presente data.

		Blaidi Sant´Anna	
3	FÍSICA – CONCEITOS E CONTEXTOS: PESSOAL, SOCIAL E HISTÓRICO – vol. 1 Ed. FTD	Maurício Pietrocola Alexander Pogibin Renata de Andrade Talita Raquel Romero	1ª edição /2013
4	FÍSICA – vol. 01 Ed. Saraiva	Ricardo Helou Doca Newton Villas Bôas Gualter José Biscuola	2ª edição /2013
5	FÍSICA – vol. 1 Ed. Positivo	Alysson R. Artuso Marlon Wrublewski	1ª edição /2013
6	FÍSICA – vol. 1 Ed. Ática	José Roberto C. Piqueira Wilson Carron José Oswaldo de S. Guimarães	1ª edição /2013
7	FÍSICA – vol. 1 Ed. FTD	Bonjorno Clinton Eduardo Prado Casemiro	2ª edição /2013
8	FÍSICA AULA POR AULA –Vol. 1 Ed. FTD	Claudio Xavier Benigno Barreto	2ª edição /2013
9	FÍSICA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – vol. 01 Ed. Moderna	Carlos Magno A. Torres Nicolau Gilberto Ferraro Paulo Antônio de T. Soares Paulo Cesar M. Penteado	3ª edição /2013
10	FÍSICA CONTEXTO & APLICAÇÕES – vol. 1 Ed.Scipione	Antônio Máximo Beatriz Alvarenga	1ª edição /2013
11	FÍSICA INTERAÇÃO E TECNOLOGIA – vol. 1 Ed. Leya	Aurélio Gonçalves Filho Carlos Toscano	1ª edição /2013
12	FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO – vol. 1 Ed. Saraiva	Luiz Felipe Fuke Kazuhito Yamamoto	3ª edição /2013
13	QUANTA FÍSICA – vol. 1 Ed. Pearson	Carlos Parecido Kantor Lilio Alonso Paoliello Jr. Luís Carlos de Menezes Marcelo de Carvalho Bonetti Oswaldo Canato Jr. Viviane Moraes Alves	2ª edição /2013
14	SER PROTAGONISTA FÍSICA – vol. 1 Ed. Edições SM	Ângelo Stefanovits	2ª edição /2013

Fonte: Autoria própria (2017).

Na intenção de verificar se a abordagem existente nos livros leva o aluno a compreender os limites das leis do movimento com base em referenciais não-inerciais, realizamos uma análise dessa coleção de livros. As obras foram analisadas na busca de verificar os seguintes aspectos:

- Abordagem do conceito de referenciais não-inerciais;
- Abordagem do conceito de forças inerciais (forças fictícias);
- Sequência didática onde e como tais conceitos foram apresentados;
- Exemplos utilizados para ilustrar fenômenos analisados a partir desse tipo de referencial.

O resultado dessa análise está disposto na tabela a seguir:

Quadro 2: Análise dos critérios de abordagem do tema Referenciais não-inerciais e forças fictícias nos livros do PNL D 2014

OBRA	Referenciais não inerciais	Forças Inerciais (Forças Fictícias)	Sequência Didática	Exemplos utilizados
1	Aborda esse conceito apenas dando a definição desse tipo de referencial.	Não há discussão sobre a ação dessas forças.	Utiliza um texto complementar para abordar o tema.	Bola de bilhar no interior de um trem que se move em relação à Terra.
2	Não aborda o conceito.	Não aborda o conceito.	-	-
3	Conceitua os referenciais não-inerciais, porém dedica-se a estudar apenas os referenciais inerciais.	Não aborda o conceito.	-	-
4	Apenas uma breve definição dos referenciais inerciais e dos “referenciais acelerados”.	Aborda apenas a força centrífuga discute ainda as equações matemáticas associadas à ação dessa força.	No capítulo de resultantes tangenciais e centrípeta o autor destina um tópico à discussão da força centrífuga esclarecendo a ação dessa força.	Discute a força centrífuga a partir do “chapéu mexicano” (imagem) e do movimento de uma moto em uma curva (imagem).
5	Não aborda o conceito.	Discute apenas a força centrífuga.	Discute apenas a força centrífuga em uma seção de textos complementares	Utiliza com exemplos a centrífuga (apenas uma imagem) e a influência da força

			denominada “conexões”.	centrífuga no lançamento de foguetes (texto).
6	Conceitua os referenciais inerciais, mas não conceitua os não-inerciais. Destaca, “que a rigor, a Terra não é um referencial inercial, mas que os efeitos da rotação pouco influenciam os movimentos que presenciamos no dia-a-dia.”.	Não aborda o conceito.	-	-
7	Não aborda o conceito.	Apenas em um exemplo o autor comenta que “parece haver uma força que nos empurra para fora da curva” em relação aos brinquedos em parques de diversões. Ainda cita, “essa força na realidade não existe.”	-	-
8	Aborda apenas referenciais não-inerciais girantes.	Aborda a ação da força centrífuga.	Utiliza uma seção de texto complementar denominada “quer saber? ”, onde esclarece a descrição de um determinado fenômeno observado a partir de um referencial inercial e a partir de um referencial não-inercial.	Utiliza como a exemplo o movimento de um automóvel em uma curva.
9	Essa obra trabalha esse conceito. Define os referenciais não-inerciais.	Discute sucintamente a ação das forças inerciais.	Aborda o tema logo após discutir a Lei da Inércia no texto do próprio capítulo.	No texto, exemplifica com a necessidade do uso do cinto de segurança na visão de

				um referencial acelerado (apenas texto) e utiliza o exemplo de um carro realizando uma curva (também utilizando exclusivamente texto).
10	Apenas distingue referenciais inerciais dos “referenciais com aceleração centrípeta”	Discute apenas a força centrífuga.	Abordagem realizada através de uma discussão sobre o erro conceitual frequente de descrever a ação da força centrífuga para um referencial parado sobre a Terra. Esclarece a ação da força centrífuga.	Apresenta o exemplo de um carro realizando uma curva (apenas em texto).
11	Pequena abordagem do tema apenas mencionando que referenciais adotados podem estar ou não acelerados.	É discutida apenas a ação da força centrífuga.	Abordagem feita exclusivamente em um texto da sessão “algo +” ao fim do capítulo de gravitação no tópico que trata da força centrípeta.	Foram utilizados os exemplos da centrifugação da máquina de lavar, do automóvel em uma curva, movimento de um satélite e o “chapéu mexicano” de parque de diversões.
12	Essa obra trabalha esse conceito. Define os referenciais não-inerciais.	Discute a ação das forças inerciais em trajetórias retilíneas e curvilíneas.	Ao fim do estudo de dinâmica, os autores expuseram um texto sobre o tema. Além de propor questões sobre o texto.	Utiliza como exemplos a ação das forças inerciais sobre um livro no interior de um ônibus e o de um automóvel realizando uma curva.
13	Não aborda o conceito.	Não aborda o conceito.	-	-
14	Não aborda o conceito.	Não aborda o conceito.	-	-

Fonte: Autoria própria (2017).

Podemos observar, a partir do quadro 2, que em apenas duas das obras analisadas há uma efetiva “preocupação”, por parte dos autores, em trabalhar o tema e eles acabaram dedicando pelo menos uma seção de determinado capítulo para referir-se e esclarecer o tema. Porém, na maioria das obras analisadas, não é evidente tal “preocupação” em discutir a diferença entre descrever fenômenos a partir de referenciais inerciais e a partir referenciais não-inerciais. Observamos que a maioria das obras se dedica apenas a mencionar a ação da força centrífuga, mas de forma muito sucinta, vaga e, em nosso ponto de vista, insuficiente para o aprendizado efetivo do aluno a respeito do que vem a ser esse conceito. Em termos da ação de outras forças inerciais, como as que atuam em trajetórias retilíneas, observamos carência por parte dos autores ao descrevê-las nessas obras.

É importante ressaltar que esses livros foram distribuídos para os alunos do Ensino Médio de escolas públicas de todo o país e a conclusão que temos é que a discussão sobre os fenômenos observados, a partir de referenciais não-inerciais, tem grande probabilidade de não ter sido trabalhada ao longo dos anos de vigência das referidas obras nessas escolas a não ser que docentes tenham, também, se preocupado com esses aspectos que estamos expondo neste trabalho e tenham discutido o tema eliminando, então, as consequências negativas da ausência dessa ação.

2.3 A influência do PSSC

Segundo Gaspar (1997), o PSSC (Physical Science Study Committee) foi uma das primeiras propostas curriculares na tentativa de atualizar, modificar e tornar eficiente o ensino de Física. Esse projeto foi criado nos Estados Unidos na década de 50 quando se percebeu que estudantes concluintes do ensino básico nos EUA apresentavam pouco ou quase nenhum conhecimento específico em ciências. O financiamento desse projeto foi incentivado, entre outras causas, pelo lançamento do SPUTNIK I que deu indícios de como a União Soviética avançava tecnologicamente e isso acabou mobilizando a sociedade norte americana a correr em busca de adquirir e expor o seu avanço tecnológico.

A primeira edição do PSSC de Física foi publicada em 1960 e a sua tradução em português para o Brasil foi coordenada pelo Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura, o IBCEC. É importante ressaltar que, de acordo com Mattos (s/d), já na década de 50, o IBCEC buscava projetos para reformular o ensino de ciência brasileiro uma vez que o considerava deficitário. Quando a equipe brasileira que compunha o IBCEC obteve contato com o PSSC trouxe o projeto para o Brasil pois a sua essência encaixava-se perfeitamente às ideias de reforma que a equipe pretendia.

A apresentação do guia do professor do PSSC em português retrata que “nele a física é apresentada não como um simples conjunto de fatos, mas basicamente como um processo em evolução, por meio do qual os homens procuram compreender a natureza do mundo físico”, isto porque, segundo Mattos:

O PSSC foi projetado para enfatizar os princípios fundamentais da Física, encorajando o engajamento e envolvimento em oposição à memorização, tornando o assunto mais atraente aos estudantes e utilizando todos os meios disponíveis na época: filmes, slides, livros, laboratório, trabalhos de casa e leituras auxiliares. (MATTOS, [ca 1999], p. 3)

Nessa perspectiva, notamos a preocupação em permitir ao estudante, submetido à metodologia proposta pelo PSSC, uma compreensão mais construtivista da ciência.

Em sua estrutura, o PSSC consistia de quatro livros, texto com guia do professor para cada um dos livros, kit de experimentos, guias de laboratório, filmes e leituras complementares.

Gaspar (1997) relata que o PSSC acabou não obtendo sucesso nos EUA e nem nos países onde foi aplicado. No Brasil, dentre as dificuldades encontradas, estava a utilização do material pelos poucos professores que tomaram conhecimento dele. Desses, vários encontraram dificuldades em utilizar o material experimental e havia ainda uma falta de vínculo da obra com a realidade educacional do nosso país. Gaspar (1997) julga que o maior motivo do insucesso foi a composição da comissão que formulou o projeto pois ela consistia de uma centena de físicos e apenas alguns educadores.

Mesmo diante dos argumentos do insucesso e concordando com tais causas, consideramos que vários aspectos do PSSC são relevantes e são utilizados na prática do ensino de Física atualmente. Dessa forma, destacamos os filmes utilizados no projeto, pois, apesar de antigos, apresentam uma produção excepcional (levando em consideração, é claro, os recursos da época) e que permitem a compreensão nítida dos temas e conceitos que abordam. De acordo com Mattos:

Os filmes mantinham um rígido programa de Física apresentado através da experimentação, e utilizavam os recursos mais modernos da época, envolvendo, por exemplo, técnicas de “slow-motion” e fotografias estroboscópicas em Super-8 (looping), com o objetivo de serem utilizados nas próprias salas de aula, inclusive com a possibilidade concreta de tomada de medidas nos experimentos filmados. (MATTOS, [ca 1999], p. 6)

Registramos aqui, então, que esse projeto influenciou fortemente a construção deste trabalho no que se refere à elaboração de uma proposta para abordar os fenômenos descritos a partir de referenciais não-inercias, tendo como base inicial os filmes produzidos para o PSSC.

Capítulo 3

Referencial Teórico

Para a construção deste trabalho, optamos por fazer um breve histórico sobre a evolução do conceito de movimento com o intuito de compreender como essa ideia foi construída ao longo dos séculos. Além disso, percebemos na construção histórica um viés construtivista, principalmente no que se refere ao conflito cognitivo como agente essencialmente estimulador da construção do conhecimento. Por isso, optamos por fazer um estudo sobre a assimilação, acomodação e equilíbrio de Piaget. Julgou-se importante compreender os conceitos associados ao tema e, por isso, fizemos um estudo teórico a respeito dele. Por fim, o referencial teórico trata também do uso de dispositivos móveis para a leitura de livros e a possibilidade de interatividade que os aplicativos para esses dispositivos os permitem.

3.1 A evolução do conceito de movimento

O conceito de movimento evoluiu no decorrer dos séculos, desde a antiguidade, passando por concepções que foram desde considerar como “uma modificação” até como “um estado”. Nessas concepções, o repouso figurava “como estado que a matéria buscava naturalmente atingir”. Dentre os vários personagens, que surgiram na construção desse conhecimento, destacamos Aristóteles, Hiparcos, Filopono, Giordano Bruno, Galileu Galilei e, por fim Isaac, Newton.

Aristóteles (384 - 322 a.C.) conceituava o movimento como uma mudança, ou seja, uma espécie de "inquietação" da matéria por não se apresentar em seu estado de repouso. A filosofia de Aristóteles baseou-se no fracionamento do universo em dois mundos, os quais ele chamou de sublunar (que se estendia desde o centro da Terra até a esfera que, segundo ele, continha a Lua) e supralunar (que era a região que abrangia o espaço celeste desde a Lua até as estrelas). No mundo sublunar, a matéria era composta basicamente por quatro elementos. Eram eles: a terra, a água, o ar e o fogo que formam, nessa sequência, as camadas esféricas que se eram o lugar natural de cada um desses elementos. Assim, classificando como movimento natural, Aristóteles afirmou que um corpo cuja composição fosse terra deveria movimentar-se em busca do seu lugar natural no universo e, por esse motivo, caía. De acordo com o que explica Herbert Butterfield (2003) (apud BALOLA, 2011, p.48), “a terra e a água possuem gravidade, têm tendência para cair e só ficam em repouso no centro do Universo, já o fogo e o ar não têm gravidade, caracterizam-se pela leveza, têm, assim, tendência para subir”. No mundo sublunar, os movimentos naturais eram exclusivamente verticais e seriam

motivados pela "inquietação" do corpo em não se encontrar em seu local natural. Para Aristóteles, todo movimento que não era natural era chamado de violento e necessitava de uma ação externa motora para que se iniciasse e para que se mantivesse. No caso do mundo supralunar, o movimento natural era um movimento circular, porém motivado por uma "inteligência celestial" vinda da diferente composição desse mundo.

Diante dessa discussão, o fato que destacamos aqui é o de que, para Aristóteles, a manutenção do movimento ocorre mediante a uma tendência natural exclusiva de o corpo atingir o estado de repouso ou mediante a uma ação externa. Em termos simples, na descrição aristotélica, para que um corpo se mantenha em movimento é necessário a ação de uma causa (que atualmente chamamos de força).

De acordo com a literatura, a Física de Aristóteles foi aceita por cerca de dois mil anos, embora, desde a antiguidade, alguns aspectos tenham sofrido diversas críticas. A ideia de Aristóteles de que o meio era o responsável por manter o movimento violento foi contestada, por exemplo, por Hiparco (190 - 120 a.C.) cuja defesa era a de que "algo" permanecia no corpo sendo responsável pela continuidade do movimento. Ou seja, nessa perspectiva, a manutenção do movimento se dava por uma razão intrínseca do corpo e não por uma influência externa.

Filopono, por volta do século VI e cujas ideias só se difundiram a partir do séc. XVI, apresentou divergência em relação à teoria de Aristóteles em alguns aspectos. Ele concordou com o aspecto de que o movimento se dedica à necessidade de obedecer a uma ordem de localização natural determinada pela criação divina. Giordano Bruno (1548 – 1600), por sua vez, aceitando a ideia de movimento da Terra se aproximou muito da ideia de inércia que temos atualmente.

Galileu Galilei (1564-1642) em uma de suas obras, no qual a escrita se dá na forma de um diálogo entre três personagens, expôs suas teorias sobre o movimento natural. Destacamos aqui que, em determinado trecho de tal diálogo, um dos personagens induzia outro ao pensamento de que, uma vez em movimento, um corpo deveria permanecer em tal condição caso qualquer possibilidade de fazê-lo mudar pudesse ser anulada. Mas tal movimento, apesar de uniforme, seria circular, pois acompanharia a superfície da Terra.

Renê Descartes (1596 - 1650) com sua concepção de que, na criação, Deus concedeu ao universo uma determinada quantidade de movimento que se mantém conservada propôs que Deus é a causa primária do movimento e que este seja um estado de forma que não seja necessária uma causa.

Em 1687 nasceu a principal obra de Isaac Newton (1642 - 1727), o Principia (Princípios da Filosofia Natural - *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*) no qual enunciou a Lei da Inércia e, assim como Giordano Bruno, concedeu ao movimento o status de estado. Ou seja, para que se mantenha o movimento não há a necessidade de um agente motor. Newton (apud BALOLA, 2011, p.32) enunciou: "Todo o corpo persevera no seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha recta, a não ser na medida em que é obrigado a mudar o seu estado pelas forças que lhe são impressas."

Em síntese, a concepção que temos atualmente, baseada nas Leis de Newton, é a de que todo corpo apresenta uma tendência natural de se manter em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme (estado de equilíbrio) a menos que uma ação resultante externa o obrigue a sair dessa condição. A causa, a manutenção e a extinção do movimento são descritas pelas Leis do movimento de Isaac Newton.

3.2 Referenciais não-inerciais e forças fictícias

O conceito de movimento está atrelado à definição do referencial utilizado e isso significa que, para determinar se um corpo está em repouso ou em movimento, é necessário determinar previamente qual o referencial adotado. De forma geral, um referencial é um ponto (que pode representar uma posição ou um corpo), em relação ao qual se descreve determinado fenômeno. Nesse caso, é possível que um mesmo corpo esteja em repouso para um determinado referencial e, ao mesmo tempo, em movimento em relação a outro ponto de referência. Em relação a isso, no livro Princípios Matemáticos da Filosofia Natural, publicado no ano de 1687, Isaac Newton (apud BALOLA, 2011, p. 22) afirma que “[...] o movimento e o repouso, tal como são vulgarmente concebidos, só se distinguem relativamente, e nem sempre estão realmente em repouso os corpos que vulgarmente se observam como tal.”.

Ainda no Principia, Newton propôs o *experimento do balde* em que discute a distinção entre o que ele chamava de movimento relativo e movimento absoluto,

Os efeitos, pelos quais se distinguem entre si os movimentos absolutos e os relativos, são as forças de afastamento do eixo do movimento circular. Na verdade, no movimento circular puramente relativo estas forças não existem, porém, no verdadeiro e absoluto são maiores ou menores em função da quantidade de movimento. (Newton apud BALOLA, 2011, p. 30)

O experimento do balde proposto consistiu em pendurar um balde por um fio longo. Newton sugere que o balde seja girado torcendo o fio e, posteriormente, deve-se preenchê-lo com água. Soltando o balde, o fio tende a relaxar e o movimento circular do balde permanece

por algum tempo. No início (ou seja, assim que se começa a girar o balde aplicando um impulso no sentido contrário ao da torção do fio), a observação feita por Newton é de que a água apresentou uma superfície plana, pois o balde girou, mas a água encontra-se em repouso em relação a ele e, dessa forma, o movimento relativo entre eles era máximo. À medida que o movimento relativo entre a água e o balde diminui, a substância se afasta do centro subindo pelas paredes do balde e esse afastamento é máximo quando o movimento relativo entre a água e o balde cessa.

Analisando o experimento, Newton observa que a forma da superfície adquirida pela água indica se a mesma apresenta um “movimento circular verdadeiro”. O movimento verdadeiro é aquele que ocorre em relação ao espaço absoluto que, por sua vez, é definido por Newton como um referencial sem relação com o que lhe é externo e que permanece sempre imóvel. Sobre movimento verdadeiro e relativo no experimento do balde revelou-se que:

No início, quando o movimento relativo da água no balde era máximo, aquele movimento não produzia nenhum esforço de afastamento em relação ao eixo: a água não se dirigia para a circunferência subindo para os lados do balde, mas permanecia plana, e por isso, o seu movimento circular verdadeiro ainda não tinha começado. Mas depois, quando o movimento relativo da água decresceu, a sua subida para os lados do balde mostrava o esforço de afastamento em relação ao eixo; e este esforço mostrava o seu movimento circular verdadeiro sempre crescente e, finalmente, atingindo o máximo, quando a água repousava relativamente no balde. (Newton apud BALOLA, 2011, p. 30)

Aqui queremos apenas destacar a obrigatoriedade de se definir referenciais para compreender a explicação do fenômeno e a análise dada por Newton. Destacamos ainda a ideia de que quando o *movimento verdadeiro* é nulo, o relativo é máximo e vice-versa.

Ainda com relação à análise de Newton sobre a experiência do balde, nota-se a ênfase no “esforço” da água em se afastar do eixo em relação ao qual gira. Essa é uma permissão para a conclusão de que nesse movimento circular verdadeiro, a água tende a contrariar o comportamento natural que Newton enunciou como Lei da Inércia. De acordo com Bardelli (1999), Newton aparentemente propôs uma distinção entre os referenciais que estavam em equilíbrio e os que estavam acelerados ambos em relação ao espaço absoluto. Nos referenciais acelerados, como é o caso da água em repouso com relação ao balde que gira, surgem efeitos dinâmicos que violam as leis propostas por Newton, pois indicam o surgimento de forças sem causas. Aos referenciais que se apresentam em movimento retilíneo uniforme ou em repouso foi dado o nome de *referenciais inerciais*. Neles, as Leis de Newton são aplicáveis. Aos referenciais acelerados em relação ao espaço absoluto, foi dado o nome de *referenciais não-inerciais* e neles as leis de Newton não tem validade. Com relação às forças que não

apresentam causa e que surgem em referenciais não-inerciais, foi dado o nome de *forças inerciais*, mas elas também são comumente chamadas de *forças fictícias*. As *forças fictícias*, segundo Barcelos Neto (2013), por vezes recebem este nome pelo fato de não ter origem a partir das interações conhecidas. Ele também discute o desconforto em usar esse termo para denominá-las uma vez que fictícia se refere a algo que não existe e essas forças existem, pois causam efeitos nos referenciais não-inerciais.

3.3 O uso de *e-Books* como ferramentas de aprendizagem

A popularização dos dispositivos eletrônicos como smartphones, tablets e outros, permitiu ao usuário uma maior praticidade no que se trata de ter consigo, e condensado em um só aparelho, todas as fotos, músicas, vídeos, documentos e outras ferramentas necessárias ao seu dia-a-dia. Apresenta-se disponível, também, o acesso a dispositivos de busca onde o usuário pode encontrar praticamente tudo o que deseja. Ou seja, são muitas as possibilidades de uso dos dispositivos eletrônicos móveis.

Dentre as diversas funcionalidades desses dispositivos, destacamos a possibilidade de armazenamento de livros ou outros textos que possam servir ao usuário na hora que são necessários. Por exemplo, em um mesmo dispositivo, um determinado aluno pode portar, de forma digital, todos os livros que usa na escola. Alternativamente, esses livros podem estar disponíveis em um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) que ele pode acessar de tal dispositivo. Atualmente, o formato mais conhecido no qual se disponibiliza esses textos, para uso no computador ou nos demais dispositivos eletrônicos, é o PDF. Esse formato de arquivo permite, em sua edição, inserir links de sumário, de navegação para pesquisa das referências além de links externos, mas por muitas vezes esse não passa de uma versão digital e estática do livro físico que ali está para ser impressa ou simplesmente lida e, em alguns casos, torna-se uma versão em que a leitura não é cômoda. Porém, os aplicativos disponíveis para dispositivos eletrônicos permitem que o processo de aprendizagem, a partir do uso desses materiais, seja muito mais interativo e eficiente.

Os *eBooks* (livros digitais) tornam-se mais uma opção, que pode ir além pelo fato de permitir disponibilizar o seu conteúdo integrando vídeos, imagens, gifs, animações, simulações e etc. Esses recursos dos livros digitais são definidos por SANTAELLA (2009, apud STUMPF *et al*, 2011) como hiper mídias. Ou seja, graça aos conteúdos hiper midiáticos, o *e-Book* se apresenta como uma ferramenta que pode potencializar a aprendizagem, uma vez que possibilita uma gama de recursos a serem utilizados permitindo maior interação do leitor com os conteúdos. Há diversas formas de edição disponíveis para os *e-Books*, porém

evidenciamos o formato *ePub* que tem como principal característica a capacidade de adequar o texto à tela do dispositivo e apresenta formatação não estática. O *ePub* tem se tornado uma tendência universal e tudo indica que ele vai se tornar um padrão entre os dispositivos. O formato *ePub* é desenvolvido com base em uma linguagem de programação, diferentemente do que acontece no formato PDF, e isso pode tornar a confecção mais demorada e de custo mais elevado e isso pode ser motivo para retardar um pouco a popularização.

Segundo PROCÓPIO (2010, *apud* STUMPF *et al*, 2011), compõem o *e-Book*: “o software reader (aplicativo que auxilia na leitura do livro na tela); o dispositivo de leitura (o recipiente ou o suporte dos livros); e o livro (o título em si ou a obra escrita)”. Atualmente, são vários os aplicativos de leitura de *e-Books* disponíveis (inclusive grátis) para os diversos sistemas operacionais de dispositivos móveis. O usuário pode então fazer desse aplicativo a sua biblioteca de livros que lhe possibilitarão uma experiência mais atrativa no que se refere a adquirir conhecimentos a partir da leitura, visto que esses livros dispõem de recursos que favorecem a interatividade.

Com relação ao ensino de Física, o *ebook* pode ser uma ferramenta que possibilita o acesso a um texto interativo no qual o usuário pode encontrar, por exemplo, vídeos de experimentos, simulações, animações dentre outras ferramentas que podem contribuir para um aprendizado mais efetivo, já que todas essas possibilidades se encontram concentradas em um só dispositivo.

3.4 Teoria assimilação, acomodação e equilíbrio de Piaget

Na teoria de Jean Piaget, segundo Faria e Nuñez (2004), a adaptação de um indivíduo ao meio em que vive é a forma como ele adquire conhecimento e constrói a sua inteligência. Ainda na visão desses autores, tal adaptação se dá sob os aspectos da assimilação e da acomodação mediados pela equilíbrio dos esquemas cognitivos do indivíduo. Segundo Piaget, para que haja aprendizagem é necessário submeter o indivíduo a um conflito cognitivo, ou seja, as ideias apresentadas devem entrar em contradição com as ideias prévias dele. Diante dessa situação, o indivíduo exposto a essas contradições, fica impossibilitado de explicar um fenômeno visto que as ideias que dispõe não são suficientes para tal.

De posse de um determinado conhecimento, um indivíduo apresenta um esquema cognitivo correspondente, ou seja, a estrutura cognitiva encontra-se equilibrada. Submetido a um conflito cognitivo, o indivíduo submete-se, também, à necessidade de reestruturar a sua

estrutura cognitiva para que, enfim, possa estar em equilíbrio novamente. De acordo com Faria e Nuñez (2004), no processo de assimilação, o indivíduo interpreta a situação apresentada sob uso dos conhecimentos prévios, ou seja, da sua condição de equilíbrio atual. Quando o indivíduo reinterpreta a situação com base em uma reestruturação dos seus esquemas cognitivos, ele está passando pelo processo de acomodação. Enfim, munido dos novos conhecimentos e de uma estrutura cognitiva adaptada, o indivíduo encontra-se em equilíbrio. Segundo as ideias de Piaget (apud Moreira, 1999), o desenvolvimento da organização das ideias na mente de um indivíduo (cognição) se dá por assimilação e acomodação. “Quando o organismo (a mente) assimila, ele incorpora a realidade a seus esquemas de ação, impondo-se ao meio” (MOREIRA, 1999). Segundo esse mesmo autor, o processo de assimilação não causa modificação na mente do indivíduo, o conhecimento não é modificado. Porém, em caso de não assimilação, o conhecimento precisa ser modificado e posteriormente assimilado. Ele afirma ainda que “se o meio não apresenta problemas, dificuldades, a atividade da mente é, apenas, de assimilação, porém, diante deles, ela se reestrutura (acomodação) e se desenvolve” (MOREIRA, 1999, p.100). Para Pozo,

A acomodação pressupõe não somente uma modificação dos esquemas prévios em função da informação assimilada, mas também uma nova assimilação, ou reinterpretação dos dados ou conhecimentos anteriores em função dos novos esquemas construídos”. Portanto, a acomodação é um processo reflexivo, integrador, que muda a estrutura cognitiva anterior para que funcione em relação a um novo equilíbrio. (POZO 1998, apud FARIA ; NÚÑEZ, 2004, p. 46)

É relevante ressaltar que o indivíduo precisa ser conscientizado do conflito e que as contradições estejam em um patamar acessível, pois, uma vez que esse patamar é muito elevado, o indivíduo não dá importância às suas contradições e nada faz para superá-las. Para Faria e Núñez,

Os alunos podem ter diferentes comportamentos face a uma situação de conflito cognitivo. De acordo com Piaget (1977), as respostas aos desequilíbrios ou perturbações podem ser: não-adaptativas, que acontecem quando o indivíduo não toma consciência do conflito existente, isto é, não leva a perturbação a um estágio de contradição e, assim sendo, não faz nada para modificar seus esquemas; e adaptativas, quando o indivíduo toma consciência do conflito e tenta resolvê-lo. ” (FARIA; NÚÑEZ, 2004 , p. 48)

A construção de novas estruturas cognitivas e representações a respeito dos objetos de estudo compõem um processo construtivista de aprendizagem e é seguindo essa forma de abordagem que este trabalho se baseia.

Capítulo 4

O Produto Educacional: O Movimento Segundo um Referencial Não-Inercial.

4.1 Apresentação do produto educacional

O produto educacional desenvolvido neste trabalho se trata de um e-Book sobre a Física dos referenciais não-inerciais e forças fictícias a nível de Ensino Médio (VIRGINIO, 2017). A construção desse produto foi idealizada para que ele se torne um complemento aos conteúdos de Dinâmica, trabalhados no Ensino Médio, e que possibilite reflexões que levem à erradicação ou, pelo menos, à diminuição de equívocos referentes a interpretação de fenômenos relacionados ao movimento e aplicações das Leis de Newton.

O e-Book apresenta uma sequência de textos intercalados com vídeos que, devido à construção pautada em questionamentos e exibições de situações que podem gerar conflitos cognitivos, dão a ele um caráter construtivista que pode permitir ao aluno, mesmo em um estudo sem o auxílio do professor, a construção do conhecimento sobre esse tema e a erradicação de concepções espontâneas também a respeito dele. Para o professor, esse livro eletrônico pode ser um guia de uma sequência didática baseado na exibição de vídeos que o ajudará a também cumprir o objetivo da construção do conhecimento sobre o tema.

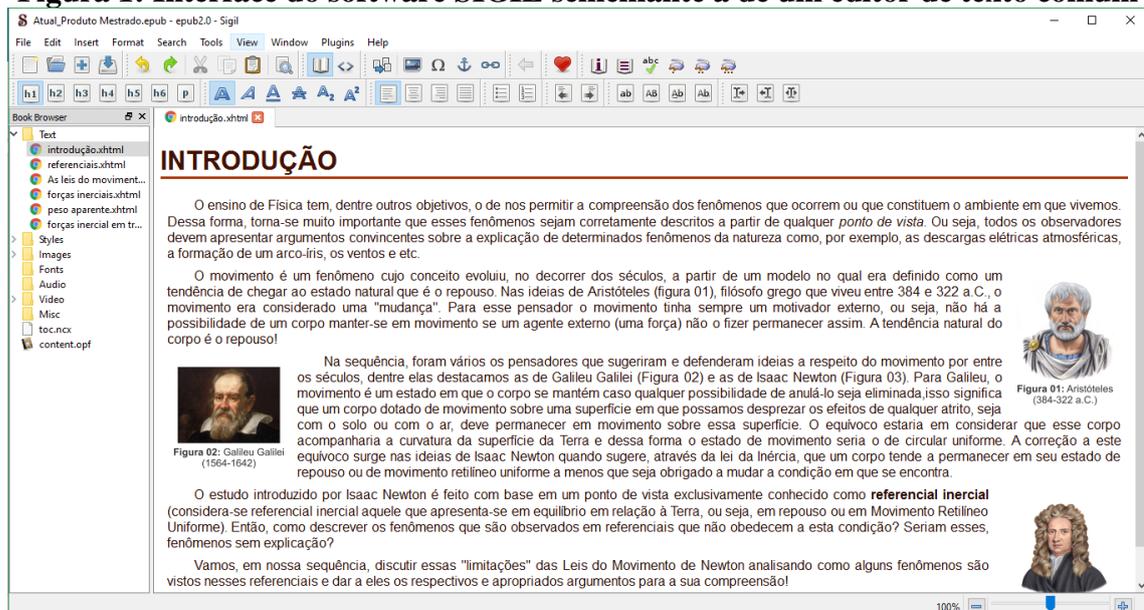
A escolha da elaboração desse livro digital no formato de um e-Book foi pensada visando sua portabilidade, com um conteúdo de acesso imediato, de fácil leitura, com conhecimento prático e aplicável. Ele nos permite criar um conteúdo mais extenso do que um blog post, em um design bacana, que pode ser baixado para ler no smartphone, no tablet ou nos leitores de livros eletrônicos disponíveis. Para o seu desenvolvimento, utilizamos o software SIGIL.

4.2 O software SIGIL.

O livro eletrônico deste trabalho foi desenvolvido com o auxílio de um software de nome SIGIL. Este trata-se de um editor de texto que também permite a conversão de textos para o formato EPUB que é um dos mais utilizados mundialmente para publicações digitais. De fato, esse software foi escolhido após pesquisas em sites da internet apresentarem-no como um dos mais práticos na função de construção de livros digitais no formato de EPUB. Esse software tem uma aparência semelhante àquele presente em outros editores de texto como o Microsoft Word e isso pode tornar mais rápida a adaptação às ferramentas disponíveis. Além disso, o Sigil permite a inserção de imagens e vídeos no e-Book. São

possíveis dois formatos, o EPUB 2 e EPUB 3, sendo que para esse produto educacional optamos pelo EPUB 2, uma vez que seria necessário inserir apenas imagens nos formatos png, jpg, gif e vídeos. O formato EPUB 3 permite a ainda a inclusão de animações, simulações e outros recursos.

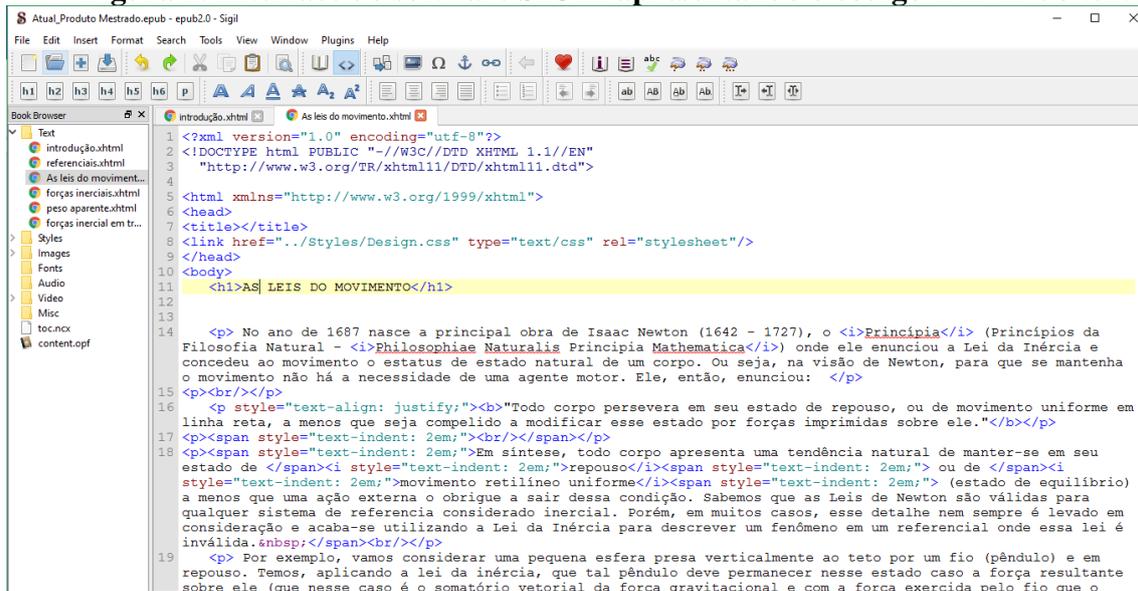
Figura 1: Interface do software SIGIL semelhante à de um editor de texto comum



Fonte: Autoria própria (2017).

Um outro diferencial desse software é que, além de exibir uma interface com texto comum, há também a possibilidade de trabalhar com sua interface apresentada em código HTML o que pode auxiliar na compreensão e execução dos comandos realizados na edição do texto.

Figura 2: Interface do software SIGIL apresentando o código HTML do texto



Fonte: Autoria própria (2017).

Ao nosso ver, o Sigil é um software ideal para iniciantes no que se diz respeito à produção de livros digitais, mas, para um uso mais proveitoso e efetivo, são necessárias orientações para otimizar a realização de determinadas funções que estejam além de inserir texto. Diversos sites na internet fornecem tutoriais sobre o funcionamento do Sigil e de como produzir um e-Book utilizando esse software. Aprender a linguagem HTML e os comandos CSS pode ser muito útil na confecção de um e-Book utilizando o Sigil.

Como ferramenta para a leitura desse tipo de livro eletrônico, existe uma infinidade de aplicativos disponíveis para dispositivos móveis para vários sistemas operacionais nas lojas de aplicativos. Na figura abaixo, exibimos alguns exemplos de aplicativos disponíveis:

Figura 3: Exemplos de leitores de ePub para dispositivos móveis



FONTE: Disponível em <https://play.google.com/store>

Muitos desses aplicativos são, inclusive, gratuitos e todos esses leitores têm, como grande diferencial, a adaptação do texto ao tamanho da tela do dispositivo que se está utilizando para fazer a leitura, seja ele um tablet, um smartphone ou etc.

4.3 O Conteúdo do e-Book.

O produto educacional relatado nesta dissertação é um e-Book, intitulado como *O Movimento segundo um Referencial não-Inercial*, no formato EPUB, tem como conteúdo o tema Referenciais Não-inerciais e as Forças Fictícias em uma sequência didática distinta das que se encontra (quando se encontra) nos livros didáticos convencionais mesmo em versões digitais (em formato PDF). Essa sequência didática tem fundamentação nas teorias de aprendizagem construtivistas visando a construção do conhecimento e não a mera troca de informações que solicita do estudante a capacidade de decorar conceitos. Ainda, o conteúdo está totalmente embasado em fenômenos que são demonstrados com o uso de vídeos, quase em sua totalidade, produzidos pelo próprio autor deste trabalho. O e-Book está organizado da seguinte forma:

**Quadro 3: Distribuição e tema de cada capítulo do e-Book
“O Movimento segundo um Referencial Não-inercial”**

CAPÍTULOS	TEMÁTICA
APRESENTAÇÃO	Apresentação descrevendo o livro eletrônico.
SUMÁRIO	Enumeração dos capítulos do livro.
Capítulo 01- INTRODUÇÃO	Neste capítulo é apresentada a problemática da necessidade de trabalho do tema e é feita uma discussão sobre a evolução histórica das Leis do movimento.
Capítulo 02 – REFERENCIAIS	Discussão sobre o conceito de referencial.
Capítulo 03 – LEIS DO MOVIMENTO	Discussão sobre as Leis do Movimento de Newton e apresentação dos conflitos que inserem o tema do e-Book.
Capítulo 04 – FORÇAS INERCIAIS	Discussão sobre a origem das forças fictícias.
Capítulo 05 – PESO APARENTE	Ação da força fictícia em trajetórias retilíneas.
Capítulo 06 – FORÇA CENTRÍFUGA	Discussão sobre a ação das forças fictícias em trajetórias circulares.
Capítulo 07 – ANÁLISE MATEMÁTICA	Descrição matemática da ação das forças fictícias.

Capítulo 08 – EXERCÍCIOS	Exercícios de vestibulares do país e de elaboração própria abordando o tema.
------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Autoria própria (2017).

Essa distribuição de capítulos visa permitir, tanto ao professor quanto ao aluno, uma abordagem que favoreça a construção do conhecimento. Seja ela feita pelo professor para o aluno ou pelo aluno para si mesmo.

4.3.1 Os vídeos do produto educacional.

O livro digital contém 13 vídeos que foram produzidos a partir de experimentos de nossa autoria. A sequência e títulos dos vídeos são:

Quadro 4: Vídeos do e-Book “O Movimento segundo um Referencial Não-Inercial”

VÍDEO	TÍTULO
01	Queda livre sobre uma plataforma móvel (o experimento)
02	Queda livre sobre uma plataforma móvel (câmera sobre a bordo da plataforma).
03	Queda livre sobre uma plataforma móvel (câmera fixa no solo).
04	Queda livre sobre uma plataforma móvel (dois referenciais simultâneos).
05	Um pêndulo em repouso.
06	Queda livre não vertical.
07	Força inercial sobre o pêndulo.
08	Força inercial sobre o corpo em queda livre.
09	Forças em um corpo sobre uma balança.
10	Força inercial sobre um corpo a bordo de um elevador (parte I).
11	Força inercial sobre um corpo a bordo de um elevador (parte II).
12	Força centrífuga em uma máquina de lavar.
13	Corpo preso a uma mola em uma máquina de lavar.
14	Efeito Coriolis

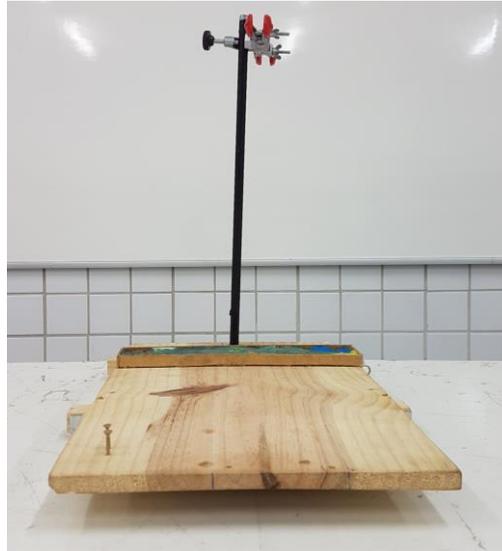
Fonte: Autoria própria (2017).

Todos os vídeos, exceto o de nº 14, foram filmados utilizando-se uma câmera Gopro® e editados utilizando o software editor de vídeos Sony Vegas®. O vídeo de nº 14 foi retirado do *site* do Youtube e foi produzido pelo Grupo de Serviços Técnicos do departamento de Física do MIT.

O *vídeo 01* apresenta o experimento que foi construído para a produção dos vídeos de 01 a 08. Trata-se de uma plataforma sobre a qual se posicionou uma haste que sustentava

uma esfera abandonada em queda (nos vídeos 01, 02, 03, 04, 06 e 08) e o pêndulo (nos vídeos 05 e 07).

Figura 4: Plataforma móvel para a realização dos experimentos



Fonte: Autoria própria (2017).

Para movimentar a plataforma, foram colocadas “rodinhas” utilizadas em portas corrediças de guarda-roupas. Sobre uma tábua, com cerca de 2 m de comprimento, fixamos trilhos (também utilizados em guarda-roupas) ao longo dos quais a plataforma se movia.

Figura 5: “Rodinhas” utilizadas na parte de baixo da plataforma móvel



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 6: Trilhos sobre os quais a plataforma móvel se movimenta



Fonte: Autoria própria (2017).

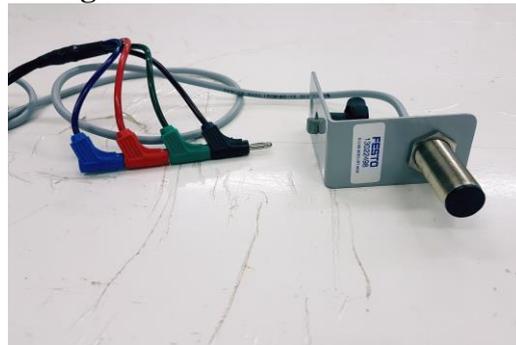
Para dar início à queda da esfera, utilizou-se um eletroímã cujo campo magnético mantinha a esfera de metal presa ao seu núcleo. Um sensor de movimento foi ligado ao circuito juntamente com o eletroímã e, quando acionado, bloqueava a corrente no eletroímã e a esfera era abandonada.

Figura 7: Eletroímã para acionamento da queda da esfera



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 8: Sensor de movimento



Fonte: Autoria própria (2017).

O movimento da plataforma era gerado por meio de um motor que, através de um barbante, a puxava.

Figura 9: Motor que traciona a plataforma móvel por meio de um barbante



Fonte: Autoria própria (2017).

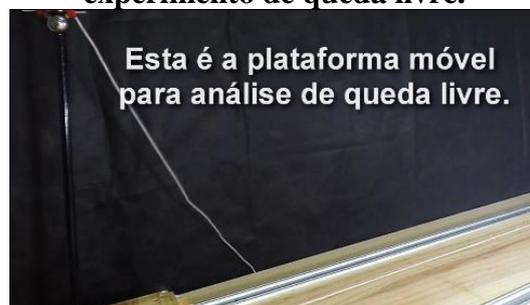
Figura 10: Plataforma na qual foram realizados os experimentos



Fonte: Autoria própria (2017).

Abaixo, ao lado de cada figura que ilustra cada vídeo, temos um QR code no qual, através da câmera de um dispositivo móvel, o leitor é encaminhado para o vídeo descrito e é feito para os outros vídeos apresentados nesta dissertação. Para a visualização desses vídeos, faz-se necessário um aplicativo leitor de QR code que pode ser encontrado na loja de aplicativos respectivo ao sistema operacional de cada dispositivo móvel.

Figura 11: Vídeo 01 – A plataforma de experimento de queda livre.



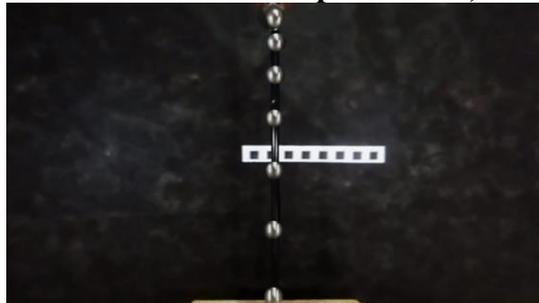
QR code
"link" para o
vídeo 01.

Fonte: Autoria própria (2017).

O vídeo 01 é uma breve ilustração do movimento da plataforma sobre os trilhos e o acionamento do eletroímã que libera a esfera a movimentar-se em queda livre após a plataforma passar em frente ao sensor.

O segundo vídeo (*vídeo 02*) foi produzido posicionando a câmera sobre a plataforma móvel de maneira que, no referencial dela, a haste que sustentava o eletroímã e a esfera metálica estavam em repouso. A plataforma foi posta em movimento e, quando passava pelo sensor, a esfera era abandonada caindo verticalmente em relação àquele referencial. Para conseguirmos que a plataforma se movimentasse com velocidade constante, posicionamos o sensor de movimento já próximo da extremidade final do trilho, pois, tracionada pelo motor, a plataforma precisava atingir tal velocidade após ser acelerada. Apenas o trecho final, quando se atingia velocidade constante, era de nosso interesse. Portanto, esse vídeo mostra a trajetória da esfera como uma reta vertical.

Figura 12: Vídeo 02 - Queda livre sobre uma plataforma móvel (câmera sobre a borda da plataforma)



Fonte: Autoria própria (2017).



QR code "link" para o vídeo 02.

Para o *vídeo 03*, gravamos o mesmo experimento que foi realizado para o *vídeo 02*. Porém, nesse caso, a câmera posicionada de forma a estar fixa ao solo. Dessa vez o fenômeno, queda livre de uma esfera, ocorria em movimento em relação ao referencial da câmera. Nesse caso, o vídeo mostra a queda da esfera com uma trajetória em forma de arco de parábola.

Figura 13: Vídeo 03 - Queda livre sobre uma plataforma móvel (câmera fixa no solo)



Fonte: Autoria própria (2017).



QR code "link" para o vídeo 03.

O *vídeo 04*, foi simplesmente uma edição de trechos dos vídeos 02 e 03. Nessa edição apresentamos simultaneamente as trajetórias descritas a partir dos referenciais apresentados para que fosse permitido uma comparação entre as formas de trajetórias descritas pelos distintos referenciais.

Figura 14: Vídeo 04 - Queda livre sobre uma plataforma móvel (dois referenciais simultâneos)



QR code "link" para o vídeo 04.

Fonte: Autoria própria (2017).

Para a produção do *vídeo 05*, substituímos o sistema da bobina por um pêndulo (uma esfera presa a um barbante). Neste vídeo mostramos, do referencial da câmera, que um pêndulo em repouso, e sem a aparente ação de uma força externa resultante, inicia um movimento inclinando-se em relação à vertical. No vídeo, durante a exibição do pêndulo em repouso, indica-se qual deve ser o comportamento desse pêndulo de acordo com as Leis de Newton – se está parado, tende a permanecer assim – e quando após o pêndulo se mover faz-se o questionamento se aquele caso é uma exceção à Lei da Inércia.

Figura 15: Vídeo 05 - Um pêndulo em repouso



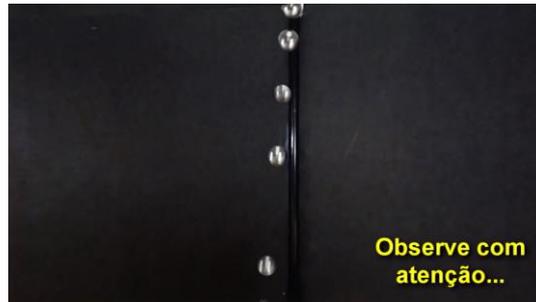
QR code "link" para o vídeo 05.

Fonte: Autoria própria (2017).

O vídeo 06 é a exibição de uma queda livre, porém não vertical. Nesse vídeo, após ser abandonada, uma esfera cai, porém, adquire também um movimento horizontal. No

referencial da câmera (que é o referencial mostrado no vídeo), a esfera não tem um motivo aparente para adquirir esse movimento horizontal. E, assim como no vídeo 05, fazemos o questionamento se esse fenômeno se trata de mais um equívoco das Leis de Newton.

Figura 16: Vídeo 06 - Queda livre não vertical

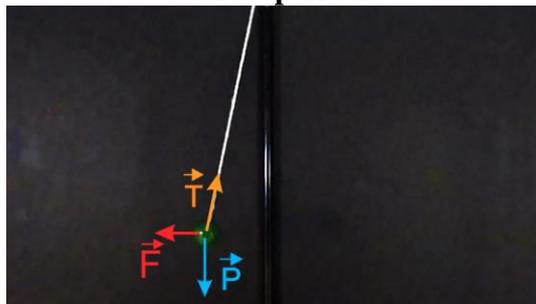


QR code "link" para o vídeo 06.

Fonte: Autoria própria (2017).

O vídeo seguinte, *vídeo 07*, exibe o mesmo pêndulo que foi mostrado no vídeo 05, mas nessa oportunidade são demonstradas as forças que atuam sobre o pêndulo e destaca a necessidade de inserir, no sistema, mais uma força para justificar o equilíbrio que o pêndulo atinge na nova posição. Ao fim, revela-se que essa força é a força inercial (força fictícia).

Figura 17: Vídeo 07 - Força inercial sobre o pêndulo



QR code "link" para o vídeo 07.

Fonte: Autoria própria (2017).

Para o vídeo 08, repetimos a exibição do vídeo 06. Porém, para esse, inserimos a ação da força fictícia justificando o movimento horizontal adquirido pela esfera. E, ainda nesse vídeo, relacionamos a ação de força fictícia à aceleração fictícia adquirida pela esfera e, posteriormente, à conclusão de que o referencial está acelerado.

Figura 18: Vídeo 08 - Força inercial sobre o corpo em queda livre



QR code "link" para o vídeo 08.

Fonte: Autoria própria (2017).

O vídeo 09 exibe um bloco de madeira posicionado sobre uma balança e, ao longo dele, são demonstradas as forças que atuam sobre eles e que levam o dispositivo a indicar, em seu mostrador, a massa do corpo que está sobre ele.

Figura 19: Vídeo 09 - Forças em um corpo sobre uma balança



QR code "link" para o vídeo 09.

Fonte: Autoria própria (2017).

No vídeo 10, exibimos o caso do bloco sobre uma balança em uma situação em que a indicação registrada por ela aumenta. As forças atuantes são demonstradas e destaca-se tanto a necessidade da ação de uma força fictícia para justificar o fenômeno quanto a conclusão sobre a aceleração do sistema de referência.

Figura 20: Vídeo 10 - Força inercial sobre um corpo a bordo de um elevador (parte I)



QR code "link" para o vídeo 10.

Fonte: Autoria própria (2017).

O vídeo 11 mostra o caso de um bloco de madeira sobre a balança em uma situação em que a indicação registrada por ela diminui. Também nesse vídeo, as forças que atuam sobre os blocos são demonstradas e demos destaque tanto à ação da força fictícia quanto à aceleração do sistema de referência.

Figura 21: Vídeo 11 - Força inercial sobre um corpo a bordo de um elevador (parte II)



QR code "link" para o vídeo 11.

Fonte: Autoria própria (2017).

O vídeo 12 trata de um fenômeno ocorrido no interior do cesto de uma máquina de lavar quando ela está executando a função centrifugar. Posicionamos a câmera no interior do cesto e filmamos o comportamento de uma peça de roupa ali. O vídeo mostra como a roupa é “espremida” contra a parede do cesto. Posteriormente, o vídeo demonstra que, para aquele referencial, o fenômeno ocorre pela ação de uma força fictícia. Nesse caso, a força centrífuga é apresentada.

Figura 22: Vídeo 12 - Força centrífuga em uma máquina de lavar

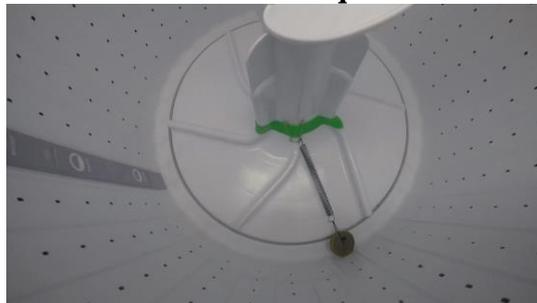


QR code "link" para o vídeo 12.

Fonte: Autoria própria (2017).

Já no vídeo 13, exibimos a variação da intensidade da força centrífuga. Utilizamos para isso um disco de cobre preso a uma mola. À medida que o cesto da máquina gira, o disco é jogado contra a parede e com a variação da velocidade de rotação observamos um aumento ou diminuição da distensão causada na mola pela força centrífuga.

Figura 23: Vídeo 13 - Corpo preso a uma mola em uma máquina de lavar



QR code "link" para o vídeo 13.

Fonte: Autoria própria (2017).

O vídeo 14, último vídeo desse produto educacional, foi extraído do canal do TSG Physics no Youtube. O TSG é o Grupo de Serviços Técnicos do departamento de Física do MIT. Esse vídeo mostra o efeito da força Coriolis sobre uma bola. Dos 14 vídeos, apenas esse não é de nossa autoria, porém julgamos que o seu conteúdo se encaixa perfeitamente à nossa ideia de metodologia e por isso o escolhemos.

Figura 24: Vídeo 14 - Efeito Coriolis

QR code "link"
para o vídeo 14.

Fonte: TSG - MIT

Capítulo 5

Procedimentos Metodológicos

Neste capítulo, relata-se uma pesquisa realizada cujo objetivo foi o de obter informações a respeito do nível de conhecimento e domínio de alunos do ensino médio com relação aos conteúdos que antecedem o tema do produto educacional e com relação ao próprio tema do produto. Relatar-se-á, ainda, visto o resultado da referida pesquisa, os procedimentos metodológicos adotados como sugestão para aplicação deste e-Book pelos professores. Utilizamos o resultado da pesquisa para uma turma específica para submetê-los a uma proposta de uso do produto educacional usando os dados para definir qual deveria ser o ponto de partida dessa aplicação e as estratégias de ensino que iriam ser praticadas mediante os resultados obtidos. Dessa forma, o objeto da pesquisa tornou-se uma atividade de avaliação diagnóstica.

5.1 Os sujeitos da pesquisa

A nossa pesquisa foi realizada com alunos da segunda série do Ensino Médio de duas escolas da cidade de Caicó no Rio Grande do Norte. Tratavam-se de alunos de quatro turmas, sendo 2 delas do IFRN – Campus Caicó, uma turma do curso técnico integrado em informática contendo 42 alunos e outra do curso técnico integrado em vestuário com um total de 33 alunos; duas turmas da Escola Estadual Professora Calpúrnia Caldas de Amorim (EECCAM), sendo a turma A composta por 30 alunos e a turma B contendo 27 alunos. Esses alunos foram submetidos a uma avaliação diagnóstica que abordava conteúdos de mecânica (geralmente estudado na primeira série do ensino médio. Dessa forma, o total de sujeitos da pesquisa foi de 132 alunos.

É importante destacar que a escolha por turmas de 2ª série se deu devido ao fato de que nessa série os estudantes, teoricamente, teriam tido um contato mais recente com os

conceitos abordados no e-Book. As turmas de 1ª série dessas instituições ainda não haviam entrado contato com todos esses conceitos, portanto, necessitariam da introdução e construção de um número significativo de conceitos antes da aplicação do diagnóstico e conseqüentemente à aplicação do produto.

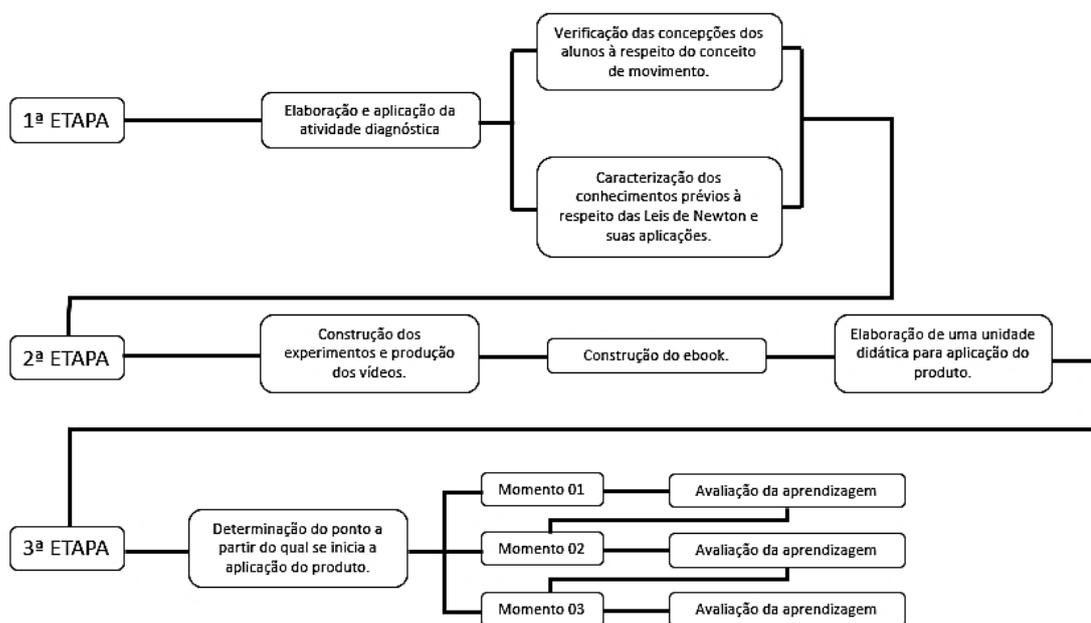
5.2 O percurso metodológico

O percurso metodológico foi organizado de forma a cumprir os seguintes objetivos:

- Verificar a concepção dos alunos a respeito do conceito de movimento;
- Caracterizar o conhecimento prévio dos alunos com relação às Leis de Newton, suas aplicações e seus limites;
- Definir o ponto de partida da aplicação do produto educacional;
- Possibilitar a construção do conhecimento sobre o conceito de referenciais não-inerciais;
- Avaliar a aprendizagem durante o processo de uso do *ebook*.

Para efetivar o cumprimento dos objetivos definidos, realizamos ações que dividimos em etapas. Essas ações e os objetivos se relacionam da forma explicitada no esquema a seguir:

Figura 25: Percurso metodológico



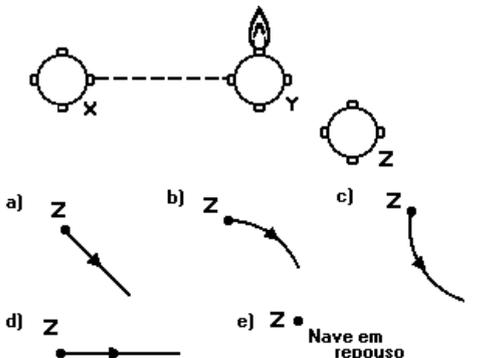
Fonte: Autoria própria (2017).

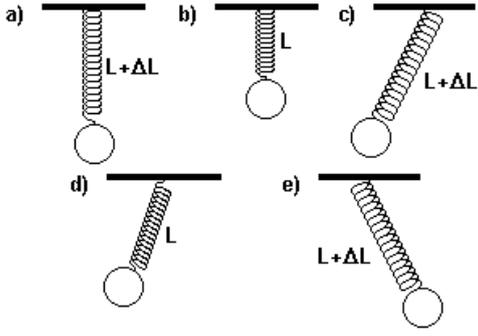
5.3 A avaliação diagnóstica

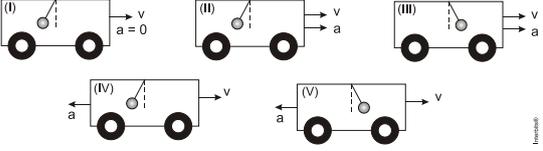
A avaliação diagnóstica foi constituída de um teste contendo dez questões objetivas, algumas de nossa autoria e outras selecionadas de vestibulares do país, para analisar o nível de conhecimento dos alunos a respeito dos conteúdos e de seus conhecimentos prévios. Julgamos que esses conhecimentos prévios são necessários para que os alunos sejam submetidos à aplicação do produto educacional, caso o contrário a aplicação do produto não cumpriria os seus objetivos. Essa avaliação diagnóstica foi útil também para analisar e avaliar a necessidade de se trabalhar o tema *referencias não-inerciais e forças fictícias*. O teste de avaliação diagnóstica foi elaborado de maneira que cada uma das questões tinha um objetivo específico e todos eles estão indicados na tabela a seguir.

Quadro 5: Objetivos das questões do teste de avaliação diagnóstica

QUESTÃO	OBJETIVO
<p style="text-align: center;"><u>QUESTÃO 01</u></p> <p style="text-align: center;"><i>"Todo o corpo persevera no seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha recta, a não ser na medida em que é obrigado a mudar o seu estado pelas forças que lhe são impressas."</i></p> <p>O enunciado acima foi traduzido do livro Principia de Isaac Newton. Esse enunciado corresponde à (ao):</p> <p>A) Princípio Fundamental da Dinâmica; B) Lei da Inércia; C) Lei da ação e reação D) Lei da Gravitação Universal.</p>	<p>Determinar o conhecimento do aluno sobre o enunciado da Lei da Inércia.</p>
<p style="text-align: center;"><u>QUESTÃO 02</u></p> <p style="text-align: center;"><i>"A natureza se mostra de forma que um corpo tenta manter-se em seu estado de equilíbrio. "</i></p> <p>O enunciado acima está associado à (ao):</p> <p>A) Princípio Fundamental da Dinâmica; B) Lei da Inércia; C) Lei da ação e reação D) Lei da Gravitação Universal.</p>	<p>Verificar se o aluno associa a Lei da Inércia ao conceito de equilíbrio e realmente entende a essência dessa Lei.</p>
<p style="text-align: center;"><u>QUESTÃO 03</u></p> <p>De acordo com as leis do movimento, é correto afirmar que:</p>	<p>Diagnosticar se, em suas concepções, o aluno apresenta um pensamento aristotélico em relação ao movimento ou algo diferente da concepção</p>

<p>A) para que um corpo permaneça em movimento é necessário a ação de uma força;</p> <p>B) a velocidade de um corpo pode aumentar (ou diminuir) mesmo que a força resultante sobre ele seja nula.</p> <p>C) um corpo pode permanecer em movimento sem estar sob a ação de forças;</p> <p>D) um corpo somente se movimenta no sentido em que aponta a resultante das forças sobre ele.</p>	<p>correta.</p>
<p style="text-align: center;">QUESTÃO 04</p> <p>(UFMG) uma nave espacial se movimenta numa região do espaço onde as forças gravitacionais são desprezíveis. A nave desloca-se de X para Y com velocidade constante e em linha reta. No ponto Y, um motor lateral da nave é acionado e exerce sobre ela uma força constante, perpendicular à sua trajetória inicial. Depois de um certo intervalo de tempo, ao ser atingida a posição Z, o motor é desligado.</p> <p>O diagrama que melhor representa a trajetória da nave, APÓS o motor ser desligado em Z, é</p> 	<p>Verificar a compreensão do aluno com relação a aplicação da Lei da Inércia.</p>
<p>QUESTÃO 05</p> <p>(UFV) um carro desloca-se para a direita com vetor velocidade constante. No seu interior existe uma esfera suspensa por uma mola. Quando não submetida a nenhuma força, esta mola tem comprimento L. Nessas condições, a melhor representação da situação descrita é:</p>	

	
<p style="text-align: center;">QUESTÃO 06</p> <p>(Pucrs) vamos supor que você esteja em um supermercado, aguardando a pesagem de uma quantidade de maçãs em uma balança de molas cuja unidade de medida é o quilograma-força. A leitura da balança corresponde:</p> <p>A) ao módulo da força normal, pois essa é a força de interação entre as maçãs e a balança, cujo valor é supostamente igual ao do módulo do peso das maçãs.</p> <p>B) tanto ao valor do módulo da força peso quanto ao do módulo da força normal, pois ambas constituem um par ação-reação, segundo a terceira lei de Newton.</p> <p>C) ao módulo do peso das maçãs, pois essa é a força de interação entre as maçãs e a balança.</p> <p>D) ao módulo da força resultante sobre as maçãs.</p> <p>E) à quantidade de matéria de maçãs.</p>	<p>Averiguar o conhecimento do aluno acerca do funcionamento de balanças. Esse conhecimento é necessário ao estudo de peso aparente.</p>
<p style="text-align: center;">QUESTÃO 07</p> <p>(Ufpa) Belém tem sofrido com a carga de tráfego em suas vias de trânsito. Os motoristas de ônibus fazem frequentemente verdadeiros malabarismos, que impõem desconforto aos usuários devido às forças inerciais. Se fixarmos um pêndulo no teto do ônibus, podemos observar a presença de tais forças. Sem levar em conta os efeitos do ar em todas as situações hipotéticas, ilustradas abaixo, considere que o pêndulo está em repouso com relação ao ônibus e que o ônibus se move horizontalmente.</p>	<p>Identificar se o aluno sabe determinar a aceleração do sistema a partir do comportamento de um corpo.</p>

 <p>Sendo v a velocidade do ônibus e a sua aceleração, a posição do pêndulo está ilustrada corretamente</p> <p>A) na situação (I). B) nas situações (II) e (V). C) nas situações (II) e (IV). D) nas situações (III) e (V). E) nas situações (III) e (IV).</p>	
<p style="text-align: center;">QUESTÃO 08</p> <p>(Ufrn) Inácio, um observador inercial, observa um objeto em repouso devido às ações de duas forças opostas exercidas pela vizinhança desse objeto. No mesmo instante, Ingrid e Acelino, observando o mesmo objeto, a partir de referenciais diferentes do referencial de Inácio, chegam às seguintes conclusões: para Ingrid, o objeto se move com momento linear constante, e, para Acelino, o objeto se move com aceleração constante.</p> <p>Face ao exposto, é correto afirmar que</p> <p>A) Ingrid está num referencial não inercial com velocidade constante. B) Ingrid e Acelino estão, ambos, em referenciais não inerciais. C) Acelino está num referencial não inercial com aceleração constante. D) Acelino e Ingrid estão, ambos, em referenciais inerciais.</p>	<p>Determinar as representações dos alunos em relação aos conceitos de referenciais inerciais e não inerciais.</p>
<p style="text-align: center;">QUESTÃO 9</p> <p>João Philipe, ao entrar num ônibus para viajar a Martinópolis, coloca sua mala no bagageiro sobre sua poltrona. Ele nota que o ônibus está bem limpo, tendo percebido ainda que haviam passado silicone no bagageiro. Quando o ônibus parte, sua</p>	<p>Identificar se o aluno consegue descrever fenômenos a partir de referenciais não inerciais.</p>

<p>mala desliza para trás, deixando-o intrigado. Como Philippe poderia explicar o deslizamento de sua mala, sendo ele um referencial não-inercial?</p> <p>A) Pela inércia da mala. B) Pela ação da força peso sobre a mala. C) Pela ação de uma força normal sobre a mala. D) Pela ação de uma força de atrito sobre a mala. E) Pela ação de uma força fictícia sobre a mala.</p>	
<p style="text-align: center;">QUESTÃO 10</p> <p>(Cftce) um corpo descreve um movimento circular. A respeito das forças centrípeta (F_{cp}) e centrífuga (F_{cf}), é correto afirmar que a força centrífuga (F_{cf})</p> <p>A) é menor que a F_{cp}, para que o corpo possa fazer a curva B) é, pela 3ª lei de Newton, a reação à F_{cp} C) só pode ser uma força de contato D) não existe em um referencial inercial E) é a resultante das forças que atuam sobre o corpo</p>	<p>Diagnosticar o conhecimento do aluno a respeito da força centrífuga.</p>

Fonte: Autoria própria (2017).

Os alunos de cada turma responderam à atividade voluntariamente e sem a necessidade de se identificar.

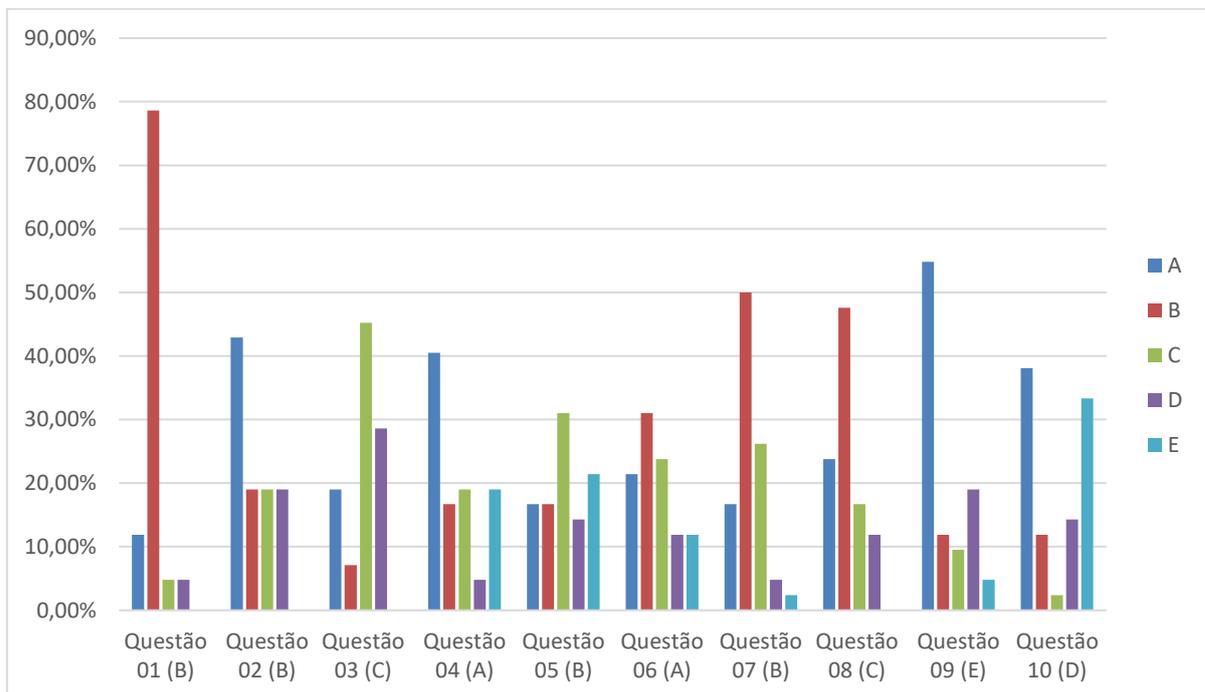
5.4 Análise da avaliação diagnóstica

A análise dos resultados obtidos com a aplicação da atividade diagnóstica nos permitiu identificar os pontos relativos aos conteúdos prévios para a aplicação do produto, nos quais os alunos apresentam maior dificuldade. Esses pontos, certamente, são relevantes para garantir um bom aproveitamento do produto educacional. Além disso, os resultados são capazes de mostrar se há, de fato, uma necessidade de se trabalhar os conceitos associados aos Referenciais Não-inerciais e as Forças Fictícias ou se os estudantes já apresentam conhecimento sobre esses tópicos e estão isentos de qualquer possibilidade de equívoco ou concepção espontânea/alternativa. Para obtermos essas informações fizemos uma análise das respostas dadas pelos alunos às questões propostas na avaliação diagnóstica. Ressaltamos aqui que as questões 1, 2, 3 e 8 possuíam apenas 4 alternativas e, por isso, a probabilidade de acerto em uma resposta aleatória é de 25%. Nas demais questões a probabilidade é de 20%.

Ou seja, caso uma resposta tenha percentual menor ou igual a esses valores estaremos considerando a possibilidade de ela ter sido dada aleatoriamente. Para efeito de análise, vamos denominar as quatro turmas, nas quais realizamos a atividade diagnóstica, como: TURMA I, TURMAII, TURMA III e TURMA IV.

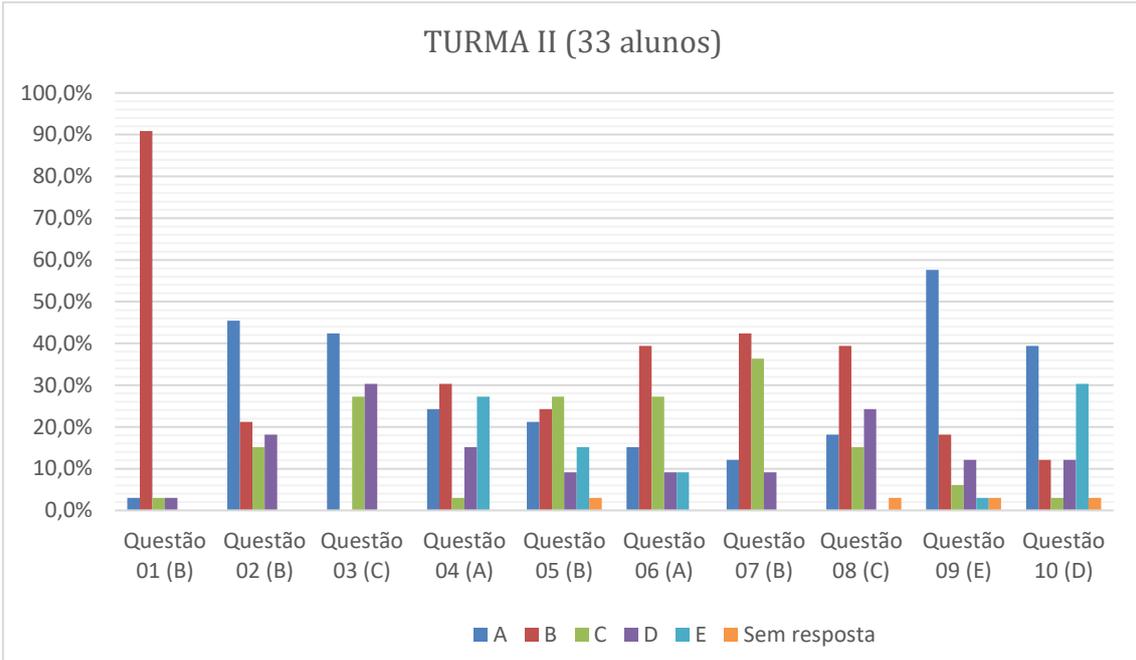
Os resultados obtidos para as turmas estão demonstrados nos gráficos a seguir de forma que a resposta correta de cada questão está indicada no eixo horizontal juntamente com a indicação do número dela:

Gráfico 5-1: Análise das respostas da TURMA I



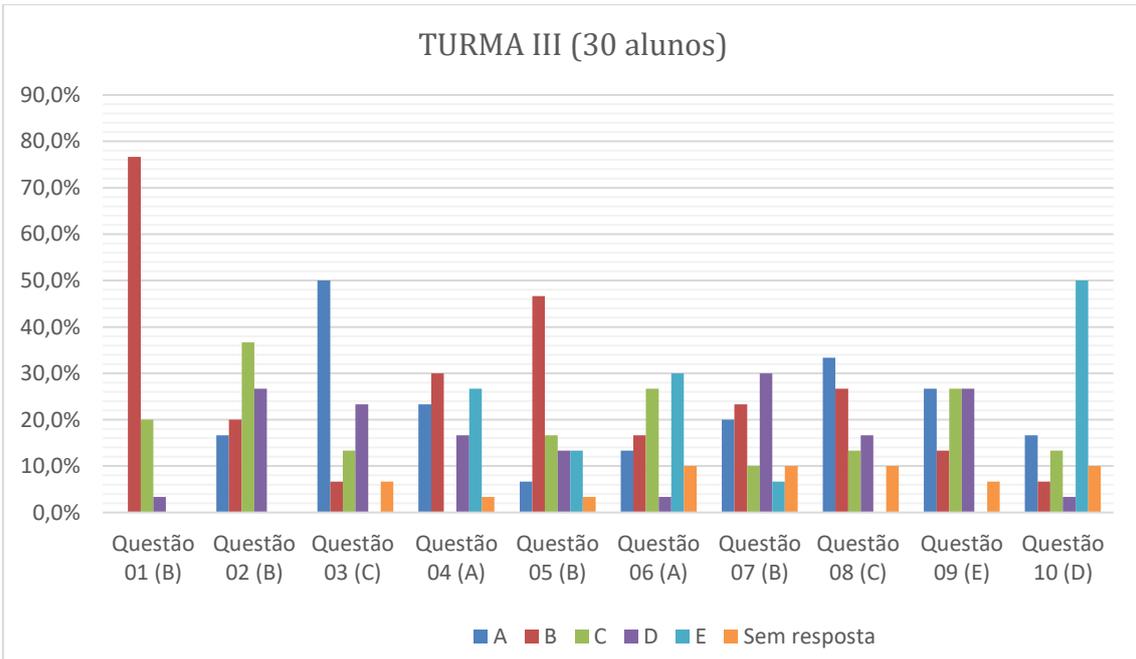
Fonte: Autoria própria (2017).

Gráfico 5-2: Análise das respostas da TURMA II



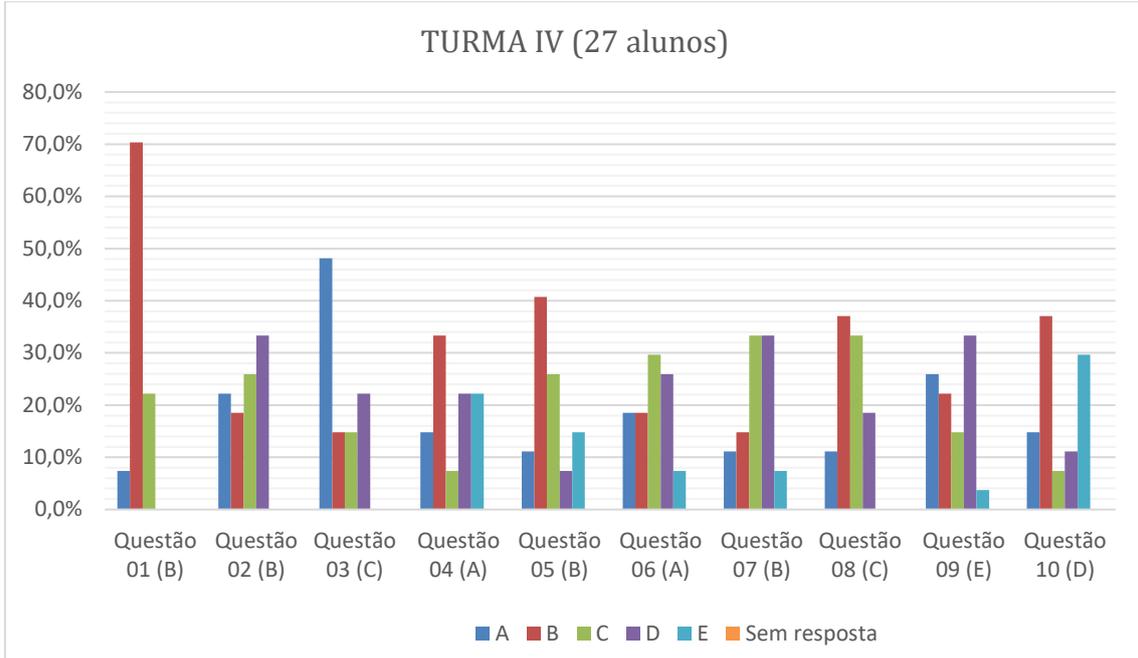
Fonte: Autoria própria (2017).

Gráfico 5-3: Análise das respostas da TURMA III



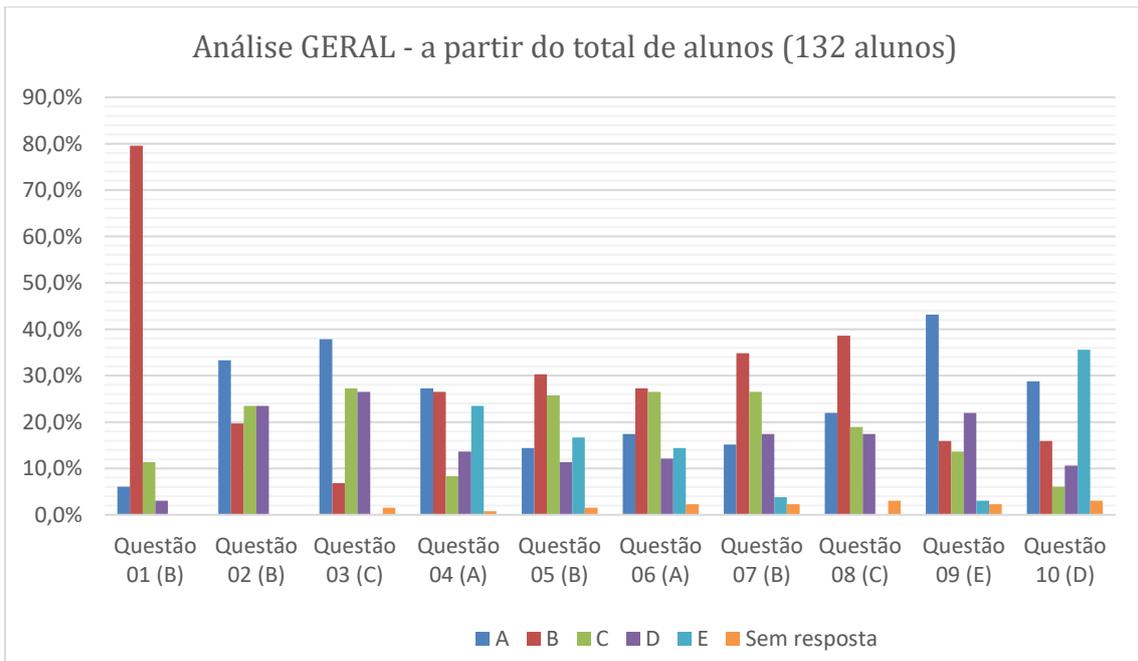
Fonte: Autoria própria (2017).

Gráfico 5-4: Análise das respostas da TURMA IV



Fonte: Autoria própria (2017).

Gráfico 5-5: Análise das respostas de todos os alunos



Fonte: Autoria própria (2017).

Em uma análise aparente podemos perceber que as turmas apresentaram resultados semelhantes, ou seja, as turmas analisadas apresentam as mesmas dificuldades com relação aos conteúdos abordados na avaliação.

Em uma análise mais detalhada, observamos que os alunos demonstraram conhecimento satisfatório sobre o enunciado da Lei da Inércia visto que cerca de 80% marcaram a alternativa correta na questão 01. Porém, no que se refere a relacionar essa lei com o conceito de equilíbrio, os alunos apresentaram dificuldade, apenas cerca de 33% marcaram corretamente a questão 02. Nesse caso, os alunos demonstraram não conseguir reconhecer a Lei da Inércia quando ela é expressa utilizando termos diferentes daqueles que costumam ver nos livros didáticos ou mencionados por seus professores.

Na questão 03, que abordava o conhecimento a respeito do movimento, a análise do resultado mostra que boa parte do número total de alunos, aproximadamente 40%, apresenta uma concepção aristotélica do movimento. De acordo com Peduzzi, Zylbersztajn e Moreira (1992), as interações do aluno com o mundo levam-no à construção de previsões e explicações de fenômenos físicos do seu dia-a-dia sendo tais construções na forma de concepções, conceitos ou ideias intuitivas, alternativas. Ainda segundo esses autores, essas concepções são encontradas em um grande número de estudantes em qualquer nível de escolaridade, constituem um esquema conceitual coerente com amplo poder explicativo, são muito persistentes e resistem ao ensino de conceitos que conflitam com elas e apresentam semelhança com esquemas de pensamento historicamente superados. Entendemos que isso contribui bastante para a dificuldade em aplicar as Leis de Newton.

No que se refere a aplicação das Leis de Newton (abordagem das questões 04 e 05), em nenhuma das escolas atingiu-se a faixa dos 50% de acerto. De fato, podemos considerar que esses alunos apresentam dificuldade nessa ação visto que, na análise utilizando o número total de alunos, o percentual de acerto não superou os 30% em nenhuma das duas questões destinadas a revelar esse resultado. Vale ainda destacar que, em uma escolha aleatória, a chance de acerto é de 20% e o resultado obtido por eles não foi tão acima disso.

O conceito de peso aparente e o funcionamento de balanças também foi abordado (questão 06) e o resultado mostra que, em geral, os alunos não têm a compreensão visto que o número de acertos é inferior ao da probabilidade em caso aleatório de resolução. Além disso, apesar de um desempenho um pouco melhor, os alunos também demonstraram dificuldades em relacionar o comportamento de um corpo, quando em um sistema acelerado, com a direção e sentido da aceleração desse sistema (questão 07).

A análise ainda mostrou que os alunos apresentaram grandes dificuldades ou simplesmente não têm conhecimento sobre a descrição de fenômenos a partir de Referenciais Não-inerciais. Com relação às questões 08, 09 e 10, que abordavam conhecimentos sobre referenciais não-inerciais e forças fictícias, a análise mostrou que os alunos praticamente não possuem esse conhecimento. É importante ainda ressaltar que há, entre os alunos, uma tendência de explicar os fenômenos associados ao movimento sempre como se estivessem em referenciais inerciais e utilizando a Leis da Inércia. Esse aspecto ficou claro na análise das respostas à questão 09, pois cerca de 45% dos alunos responderam a essa questão dando como solução uma alternativa que admitia a inércia como justificativa para o fenômeno e menos que 5% responderam à questão corretamente. Em complemento, as respostas à questão 10 mostram que os alunos não possuem domínio conceitual sobre força centrífuga.

Por fim, o que a pesquisa diagnóstica nos mostrou é que os alunos participantes apresentam necessidades formativas anteriores à aplicação do produto educacional que propomos. Entendemos que não é possível trabalhar as forças em Referenciais Não-inerciais se os alunos não têm conhecimento para interpretar corretamente os fenômenos onde eles podem utilizar as Leis de Newton. Esse resultado também exhibe a possibilidade de os alunos não terem sido apresentados ao tema, ou seja, os Referenciais Não-inerciais e as Forças Fictícias podem não ter sido trabalhados com eles.

5.5 A aplicação do produto educacional

A análise diagnóstica apresentada na seção passada nos mostrou que existe uma fragilidade relativa ao domínio dos conteúdos prévios para a assimilação dos novos conceitos apresentados no Produto educacional nas quatro turmas testadas. O diagnóstico prévio nos permitiu determinar qual o ponto de partida para a possível aplicação do Produto Educacional (e-Book).

A aplicação foi realizada apenas para a TURMA I que, dentre todas as turmas, era a única que tinha como professor responsável o autor deste trabalho. A aplicação nas demais turmas foi impossibilitada devido a mudanças de calendário e organização do currículo por parte dos professores responsáveis pelas demais turmas. As mudanças acarretariam atraso no cronograma de aplicação do produto e atrasariam muito a finalização do trabalho. Desta forma, a turma I formou o grupo teste para a aplicação do produto. Sendo importante ressaltar que a dissertação não tinha como objetivo avaliar o e-book e, sim, propor a sua utilização a partir de uma unidade didática. A aplicação do produto teve como objetivo permitir a descrição da unidade didática de forma contextualizada.

Apresentamos como sugestão de utilização de nosso e-Book uma sequência didática, que ao nosso ver se mostrou satisfatória para a nossa turma escolhida. Porém, nada impede que o professor adapte sua utilização para a maneira que melhor convier em sua turma. A nossa metodologia utilizada está presente no trabalho “Manual de uso do e-Book”, “O Movimento segundo um Referencial Não-Inercial” no qual exibimos os planos de aula para todos os encontros e discussões, os slides e vídeos utilizados. Este contém uma breve discussão de seus objetivos para nortear o professor que deseje utilizá-lo. Dito isso, chamamos a atenção que ao longo da discussão que se segue aqui nesta dissertação, estaremos nos referindo ao conteúdo daquele trabalho.

O resultado da avaliação diagnóstica para a TURMA I explicitou uma necessidade na retomada dos conhecimentos sobre a evolução histórica do conceito de movimento e as aplicações das Leis de Newton. Ou seja, havia a necessidade de construir os conhecimentos que seriam necessários para a aplicação do Produto Educacional. Portanto, determinamos que a aplicação do produto educacional nesta turma ocorreria em três encontros que, em dois deles, *primeiro momento* e *segundo momento*, foram destinados a trabalhar os organizadores prévios e eliminar concepções espontâneas/alternativas. O último encontro, o *terceiro momento*, foi destinado à aplicação do produto.

5.5.1 O primeiro momento

A sequência didática contendo a metodologia utilizada está presente no trabalho “Manual didático de uso do e-Book” (SILVA, 2017), previamente planejada para aplicação. O manual apresenta os *slides* utilizados, e a sequência desses, que estaremos nos referindo ao longo deste texto. A sequência didática é apresentada como uma sugestão de utilização do e-Book desenvolvido nesta dissertação.

No primeiro encontro, tivemos a participação de 26 alunos. Nesta oportunidade, foi trabalhada a evolução do conceito de movimento visto o baixo desempenho dos alunos na atividade de avaliação diagnóstica no que se refere a esse aspecto. Muitos dos alunos dessa turma apresentaram concepções aristotélicas sobre o movimento. Essa prática foi realizada através de uma exposição oral dialogada dos eventos históricos auxiliada pelo uso de uma apresentação de slides e numa metodologia Heurística³. As teorias foram apresentadas,

³ Método de investigação baseado na aproximação progressiva de um dado problema. Processo pedagógico de encaminhar o aluno a descobrir por si mesmo o que se quer ensinar, geralmente através de perguntas. in

mediadas pelo professor, com o objetivo possibilitar que o aluno compreendesse os motivos pelos quais as ideias de cada teoria fizeram com que a outra fosse superada ou complementada à medida que evoluíam. A seguir, os alunos foram apresentados a situações (ilustrações exibidas nos slides) que forças atuavam sobre um corpo de forma que, ao fim, uma análise de todos os casos apresentados pudesse levá-los a concluir que, nos casos em que a resultante sobre um corpo era nula, o corpo permanecesse em seu estado atual. Na sequência, foi apresentada a ideia de que manter-se em seu estado atual de movimento retilíneo uniforme ou de repouso corresponde a manter-se em equilíbrio, respectivamente dinâmico e estático. Vale lembrar que na atividade de avaliação diagnóstica, 76% acertaram a questão um, que tratava do enunciado da Lei da Inércia, mas apenas 19% acertaram a questão dois, que tratava da Leis da Inércia utilizando termos distintos dos usualmente utilizados em livros didáticos, e isso indica que os alunos não sabiam, de fato, a essência da Lei da Inércia, apesar de estarem bem familiarizados com o enunciado dela.

O trabalho seguinte foi o de apresentar novamente aos alunos as questões de número um, dois e três, da atividade de avaliação diagnóstica, para que pudessem reavaliar as suas respostas dadas anteriormente.

Quadro 1: Questões 01, 02, e 03 da atividade de avaliação diagnóstica

<u>QUESTÃO 01</u>
<p><i>"Todo o corpo persevera no seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha recta, a não ser na medida em que é obrigado a mudar o seu estado pelas forças que lhe são impressas."</i></p> <p>O enunciado acima foi traduzido do livro Principia de Isaac Newton. Esse enunciado corresponde à (ao):</p> <p>A) Princípio Fundamental da Dinâmica; B) Lei da Inércia; C) Lei da ação e reação D) Lei da Gravitação Universal.</p>
<u>QUESTÃO 02</u>
<p><i>"A natureza se mostra de forma que um corpo tenta manter-se em seu estado de equilíbrio. "</i></p> <p>O enunciado acima está associado à (ao):</p> <p>A) Princípio Fundamental da Dinâmica; B) Lei da Inércia; C) Lei da ação e reação D) Lei da Gravitação Universal.</p>

QUESTÃO 03

De acordo com as leis do movimento, é correto afirmar que:

- A) para que um corpo permaneça em movimento é necessário a ação de uma força;
- B) a velocidade de um corpo pode aumentar (ou diminuir) mesmo que a força resultante sobre ele seja nula.
- C) um corpo pode permanecer em movimento sem estar sob a ação de forças;
- D) um corpo somente se movimenta no sentido em que aponta a resultante das forças sobre ele.

Fonte: A autoria própria (2017).

Observamos que os alunos conseguiam, agora, analisar e concluir corretamente a solução das questões. Após, alguns casos de aplicação da Lei da Inércia foram comentados e discutido como, por exemplo:

- “Qual a necessidade do uso do cinto de segurança? ”
- “Andando de skate, o que acontece se as rodinhas instantaneamente pararem? ”.

Obtivemos respostas a essas questões como

Aluno 1: “O cinto é importante, porque, no caso de uma batida, somos lançados para frente e podemos morrer! ”.

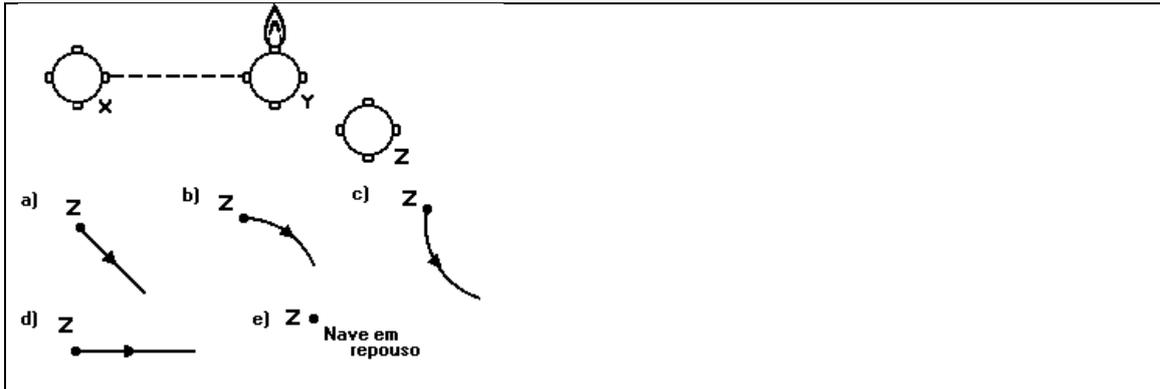
Aluno 2: “Se as rodinhas do skate travarem, a queda é grande, a gente passa direto! ”.

Consideramos que essas respostas que surgiram durante as discussões demonstram uma certa familiaridade dos alunos em utilizar a Lei da Inércia na aplicação de alguns fenômenos, visto que os demais alunos concordavam com a solução formulada pelos que falavam. Em seguida, as questões de número quatro, cinco e sete, foram rerepresentadas aos alunos para que tivessem a oportunidade de reavaliar as respostas dadas anteriormente.

Quadro 2: Questões 04, 05 e 07 da atividade de avaliação diagnóstica**QUESTÃO 04**

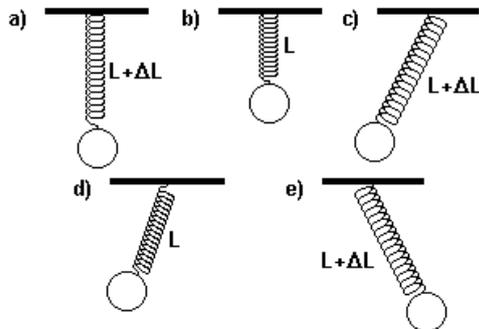
(UFMG) uma nave espacial se movimenta numa região do espaço onde as forças gravitacionais são desprezíveis. A nave desloca-se de X para Y com velocidade constante e em linha reta. No ponto Y, um motor lateral da nave é acionado e exerce sobre ela uma força constante, perpendicular à sua trajetória inicial. Depois de um certo intervalo de tempo, ao ser atingida a posição Z, o motor é desligado.

O diagrama que melhor representa a trajetória da nave, APÓS o motor ser desligado em Z, é



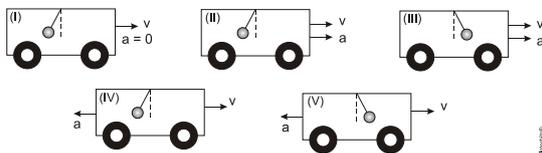
QUESTÃO 05

(Ufv) um carro desloca-se para a direita com vetor velocidade constante. No seu interior existe uma esfera suspensa por uma mola. Quando não submetida a nenhuma força, esta mola tem comprimento L . Nessas condições, a melhor representação da situação descrita é:



QUESTÃO 07

(Ufpa) Belém tem sofrido com a carga de tráfego em suas vias de trânsito. Os motoristas de ônibus fazem frequentemente verdadeiros malabarismos, que impõem desconforto aos usuários devido às forças inerciais. Se fixarmos um pêndulo no teto do ônibus, podemos observar a presença de tais forças. Sem levar em conta os efeitos do ar em todas as situações hipotéticas, ilustradas abaixo, considere que o pêndulo está em repouso com relação ao ônibus e que o ônibus move-se horizontalmente.



Sendo v a velocidade do ônibus e a sua aceleração, a posição do pêndulo está ilustrada corretamente

- A) na situação (I).
- B) nas situações (II) e (V).
- C) nas situações (II) e (IV).
- D) nas situações (III) e (V).
- E) nas situações (III) e (IV).

Destacamos aqui o relato de um dos alunos:

Aluno X: “no teste de avaliação eu errei, mas depois dessa discussão toda eu sei qual a resposta correta”.

Esse relato mostra que, no caso daquele aluno, a concepção errônea foi superada e que a discussão sobre o tema formou em sua estrutura cognitiva uma nova concepção. Esse primeiro momento foi finalizado com a exposição na lousa sobre o funcionamento de uma balança e quando foram apresentados à questão seis da avaliação diagnóstica, os alunos conseguiram dar a solução correta.

Figura 26: Alunos da Turma I participando a aplicação do produto educacional



Fonte: Autoria própria (2017).

5.5.2 O segundo momento

O segundo encontro foi destinado a trabalhar o tema “Força Resultante” com 20 alunos presentes. A discussão foi feita com base no questionamento:

- “Qual a condição para variar a velocidade de um corpo? ”

A intenção era destacar a possibilidade de uma força resultante atuar como tangencial, centrípeta ou de ambas as formas simultaneamente bem como as consequências da ação dessas forças sobre um corpo. Após o trabalho sobre essas características da força resultante, dedicamos o tempo restante do encontro a trabalhar casos da ação da resultante como força centrípeta. Foram apresentados casos particulares como:

- uma pedra girando presa a um barbante;
- o do globo da morte;
- um automóvel realizando uma curva;
- pista em lombada e pista em depressão.

Em todos os casos os alunos foram questionados sobre a direção e sentido da força resultante centrípeta e qual seria a consequência da ação dela.

Durante a discussão, observamos que cada vez mais alunos respondiam corretamente à característica da força atuante (se tangencial, se centrípeta ou se ambas) e associavam as consequências da ação delas (se causava variação no módulo da velocidade, na direção ou em ambas as características). Um questionamento nos chamou a atenção:

Aluno y: “Professor, então a força centrípeta não é um tipo de força como as outras que conhecemos e sim a forma como uma dessas forças pode estar atuando?” A noção de perfil conceitual de Mortimer,

Permite entender a evolução das ideias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de ideias alternativas por ideias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções, em que as novas ideias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as ideias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente. (MORTIMER, 1996, p.23)

Ou seja, o questionamento do aluno Y nos levou a concluir que esse aluno acabara de superar, pelo menos no contexto acadêmico, a concepção de que o termo centrípeta se refere a classificação de um tipo de força e estava compreendendo que esse termo se refere à consequência que a força atuante, seja ela qual for, causa à velocidade do corpo. Esse momento tornou-se importante, pois percebemos que alguns alunos ainda apresentavam essa concepção e, assim, tivemos a oportunidade de esclarecer.

Dessa forma, os alunos estavam sendo avaliados quanto à assimilação daquele conceito e isso nos dava a ideia de que tais conhecimentos, que são necessários à aplicação do produto, podiam estar bem estruturados cognitivamente.

Figura 27: Alunos da TURMA I participando do segundo momento

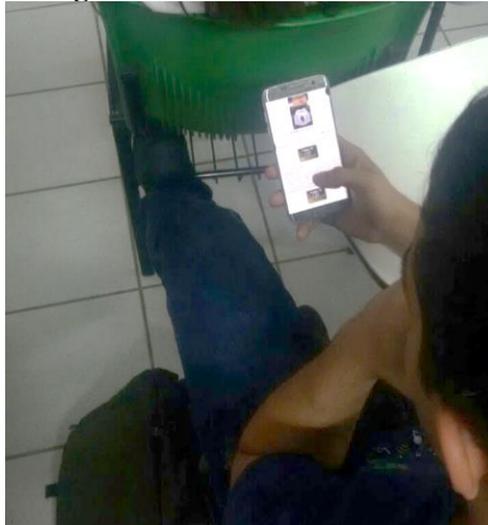


Fonte: Autoria própria (2017).

5.5.3 O terceiro momento

No terceiro encontro, os alunos foram apresentados ao Produto Educacional, o e-Book foi disponibilizado para que eles pudessem apreciá-lo a partir de seus dispositivos móveis.

Figura 28: Aluno da Turma I sendo apresentado ao e-Book “O Movimento segundo um Referencial Não-Inercial”



Fonte: Autoria própria (2017).

A abordagem realizada foi novamente a heurística, que coloca o professor no papel de mediador na construção do conhecimento. Os vídeos foram exibidos seguidos das discussões provocadas pelas perguntas e pela visualização dos fenômenos apresentados.

Os slides produzidos foram constituídos por tópicos em forma de heurística, ou seja, por meio de questionamentos que orientavam o professor-mediador para enfatizar o conflito cognitivo, reforçar o conhecimento prévio, indicar o momento em que determinado vídeo deveria ser exibido e ainda avaliar as ações, comentários, perguntas e respostas, de forma qualitativa.

É relevante ressaltar que os vídeos e os questionamentos estavam em total concordância com o livro eletrônico (Produto Educacional), ou seja, os vídeos eram apresentados na mesma sequência em que estavam no livro e os questionamentos possuíam a mesma essência do texto escrito no e-Book.

Figura 29: Alunos da TURMA I participando do terceiro momento



Fonte: Autoria própria (2017).

A aplicação do produto foi iniciada com o questionamento:

- “O que é referencial?”

A pergunta foi a motivação para os alunos, discutirem objetivando chegar a uma conclusão que representasse a opinião do grupo.

A princípio, os alunos tentavam conceituar utilizando exemplos como:

Aluno X: “é tipo quando a gente vai ensinar para alguém onde fica nossa casa, a gente diz um ponto de referência!”

Aluno Z: “Não acho que assim o conceito esteja bem formado...” (definido⁴)

Mas logo surgiram ideias como

Aluno Y: “Professor, é o ponto de vista de cada pessoa!”....

E a discussão se prolongou até que eles conseguiram concordar em uma definição:

Alunos: “Referencial é o ponto a partir de onde se pode descrever um fenômeno”.

Essa construção foi necessária para que, na sequência, se apresentasse os vídeos. Seguindo, os alunos foram apresentados, sequencialmente, aos vídeos 01, 02, 03, e 04 (os vídeos que tratam do movimento de queda livre visto de referenciais distintos), introduzidos do questionamento:

- “É possível um mesmo fenômeno ser descrito de formas diferentes por referenciais distintos?”.

Após a apresentação de cada vídeo, foi aberta uma discussão permitindo que os alunos opinassem entre si sobre o ocorrido em cada vídeo. O objetivo dessa discussão era sempre o de esclarecer o fenômeno apresentado em cada experimento apresentado, ou seja, cuidamos para tentar verificar se não havia ocorrido uma interpretação equivocada, por parte do aluno, de cada vídeo que foi exibido. Por exemplo, ao fim dos vídeos 02 e 03, uma vez que os alunos já haviam sido apresentados ao experimento que estava sendo realizado e exibido naqueles

⁴ Dito pelo professor.

vídeos, os alunos discutiram sobre a posição da câmera em relação a cada apresentação. Esse era mesmo o objetivo desse vídeo, gerar a discussão a respeito da posição do referencial que observava o fenômeno e esse objetivo aparentemente foi alcançado.

A exibição do vídeo 04, que apresentava simultaneamente a queda da esfera apresentada nos vídeos 02 e no 03, tinha o objetivo de possibilitar a compreensão de que a diferença na forma da trajetória da esfera nos dois experimentos era fruto da diferença de referencial adotado em cada caso. Esse objetivo provavelmente foi alcançado e a evidência esteve explícita quando o questionamento, feito aos alunos antes da exposição dos vídeos, foi retomado e discutido de forma que os alunos expuseram uma conclusão correta, unânime e satisfatória.

É importante destacar que o objetivo dessa série dos primeiros 4 vídeos tinha o era o de possibilitar a construção do conhecimento de que a descrição do fenômeno é dependente do referencial adotado e, além disso, dotá-los de conhecimentos prévios para a sequência de vídeos que se daria posteriormente com a apresentação dos vídeos posteriores. Podemos dizer que esse objetivo foi alcançado quando se permitiu que os alunos opinassem apoiando-se no que foi visto nos vídeos e nas ideias que cada um foi expondo na tentativa de construir o conceito.

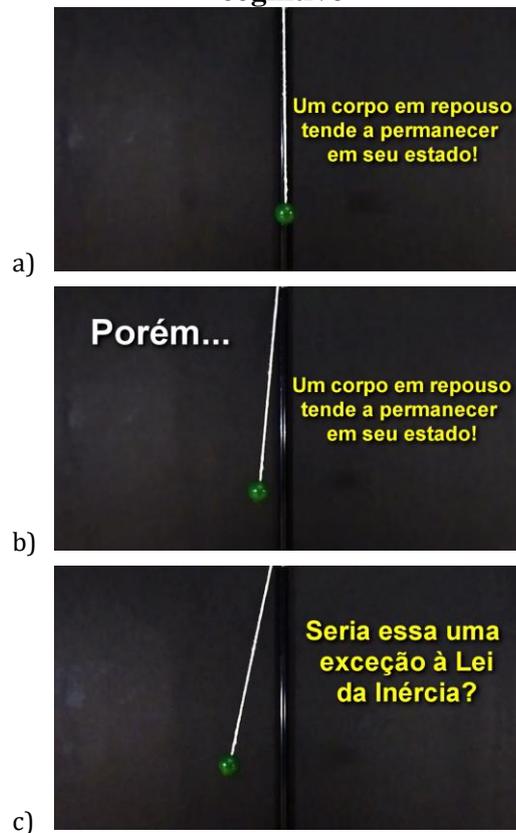
Na sequência, antecipando a exibição da próxima série de vídeos, foi aberta uma discussão sobre as Leis de Newton. O objetivo dessa discussão era o de avaliar os conhecimentos prévios necessários à conscientização do conflito cognitivo ao qual os alunos estavam prestes a serem submetidos. A avaliação dessa ação foi que, graças ao trabalho efetivado nos encontros anteriores, os alunos estavam realmente dotados desse conhecimento e aptos a exposição do vídeo. Portanto, foi feito o questionamento:

- “De acordo com a Lei da Inércia, como um pêndulo em repouso deve se comportar?”

A discussão foi aberta e todos os comentários convergiam para a conclusão de que tal pêndulo deveria se manter em repouso se assim estivesse inicialmente. No vídeo 05 os alunos puderam ver que, naquele referencial, um pêndulo inicialmente em repouso iniciava um movimento mesmo sem ter aparentemente sofrido a ação de uma força proveniente de uma interação.

Vamos ressaltar que, ao longo do vídeo, os alunos foram sendo apresentados ao conceito já construído, depois ao conflito cognitivo e, em seguida e completando esse ciclo de ações, conscientizado desse conflito.

Figura 30-a): pêndulo em repouso (relembrando os conceitos já construídos); b): pêndulo deslocado do equilíbrio (conflito cognitivo); c): conscientização do conflito cognitivo

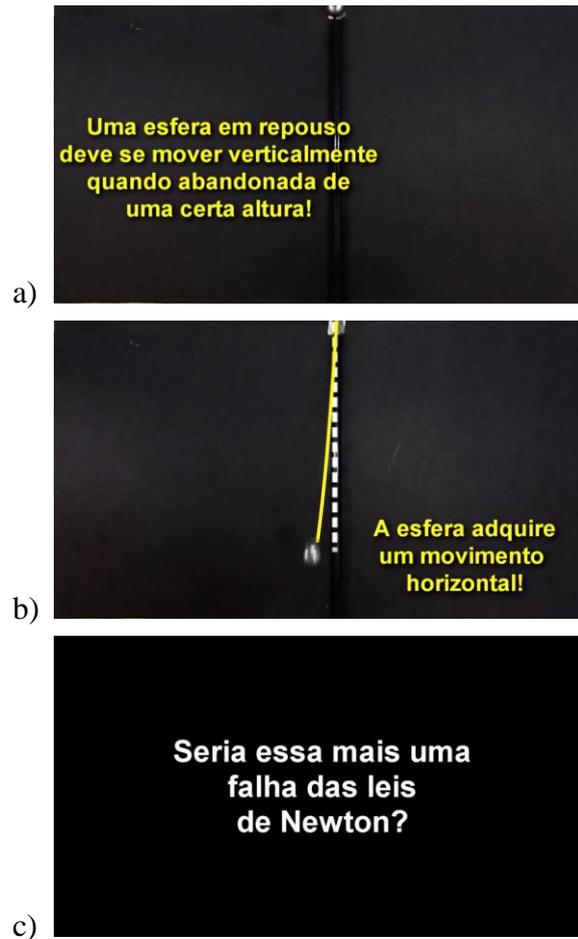


Fonte: Autorial própria (2017).

Após a exposição do vídeo 05, foi feito um outro questionamento. Dessa vez, os alunos foram questionados (esse questionamento também estava no mesmo slide que o questionamento anterior) sobre o comportamento de uma esfera abandonada de uma certa altura e logo em seguida o vídeo 06 foi exibido.

No vídeo 06, o conflito estava no fato de a esfera abandonada adquirir um movimento horizontal durante a queda mesmo estando, aparentemente, apenas sob a ação da força gravitacional. As ações de relembrar os conceitos já construídos, gerar conflito cognitivo e conscientizar desse conflito foram realizadas também ao longo desse vídeo.

Figuras 31: a) queda livre (abordagem do conhecimento já construído anteriormente); b) queda livre não vertical (conflito cognitivo); c) conscientização do conflito cognitivo



Fonte: Autoria própria (2017).

Para fechar o ciclo dessa série de vídeos composta pelos vídeos 05 e 06, foi aberta a discussão para que os alunos pudessem tecer os seus comentários a respeito dos fenômenos apresentados através dos vídeos.

Neste momento, foi esclarecido que os alunos deveriam formular as suas hipóteses. Muitas foram as tentativas de explicar os fenômenos apresentados, ou seja, muitas foram as hipóteses. Destacamos algumas:

- “O pêndulo foi para trás porque está em cima de uma estrutura que foi pra frente. A mesma coisa no caso da bolinha que cai! ”

- “Pode ter sido um vento ou um ímã! ”

- “Professor, você deve ter inclinado o experimento junto com a câmera! ”.

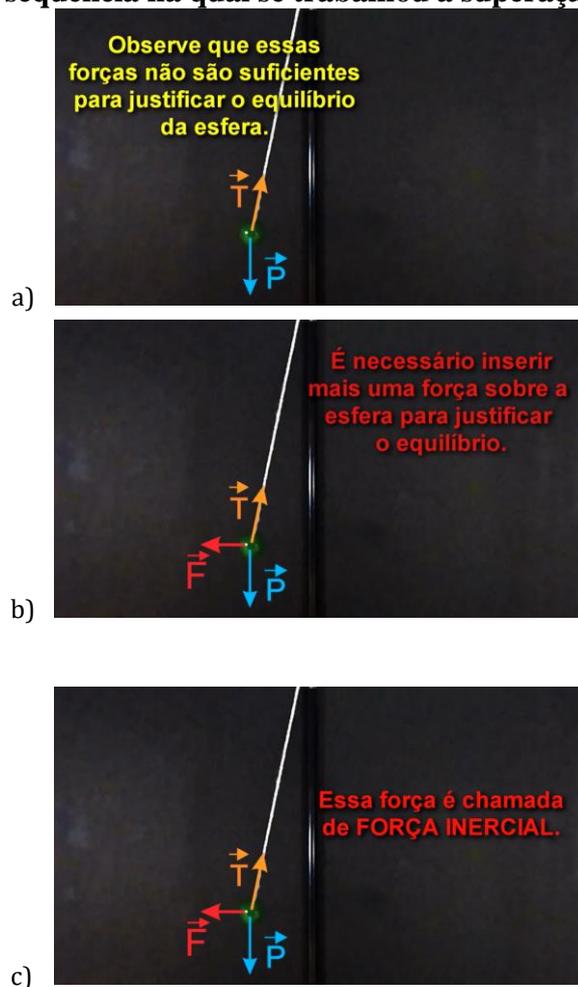
Todas as hipóteses foram ouvidas, muitos deles concordavam, entre si, com relação às hipóteses. Esse era mesmo o nosso objetivo, queríamos que eles formulassem as hipóteses para que ao fim, pudéssemos dizer:

- “Essas são as suas hipóteses, mas alguém pode garantir que, de fato, a sua é a correta? ”

Com isso, foi iniciada uma discussão a respeito de que naquele referencial nenhuma daquelas hipóteses poderia ser convertida em certeza e dada como explicação verdadeira para o ocorrido naquele experimento. O nosso objetivo era guiar o aluno para que atingisse um patamar em que pudesse descrever o fenômeno, a partir daquele referencial, utilizando argumentos efetivamente válidos, corretos. Notavelmente os alunos apresentavam-se em um conflito cognitivo e ansiavam a superação que lhes permitiriam a compreensão dos fenômenos que lhe causaram essa sensação. Ou seja, em nossa visão, os objetivos estabelecidos até esse momento da aplicação do produto estavam sendo alcançados com sucesso.

No momento seguinte deu-se início ao trabalho de superação do conflito cognitivo a partir da exibição do vídeo 07. Nesse vídeo expomos a necessidade de inserir uma força no sistema mesmo sem saber a origem dela.

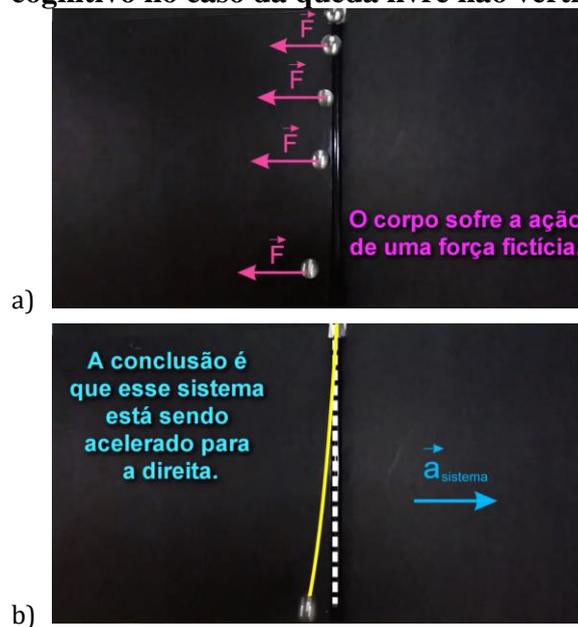
Figura 32: a), b) e c), sequência na qual se trabalhou a superação do conflito cognitivo



Fonte: Autoria própria (2017).

Após a exibição desse vídeo, para eliminar algumas hipóteses formuladas pelos alunos, revelamos que o experimento foi realizado com o uso da plataforma móvel utilizada para os experimentos dos vídeos 02 e 03. Logo em seguida exibimos o vídeo 08 que também apresentava a necessidade de se inserir no sistema uma força cuja origem ainda não sabia. Porém, ainda no vídeo 08, associamos o surgimento da força inercial à aceleração do sistema e esclarecemos a definição do sentido dessa aceleração após a exibição do vídeo.

Figura 33: a) e b), seqüência na qual se trabalhou a superação do conflito cognitivo no caso da queda livre não vertical



Fonte: Autoria própria (2017).

Para possibilitar a compreensão do aluno sobre o surgimento da força inercial, foi feita uma intervenção no sentido de esclarecer que a aceleração que o corpo sofre em virtude a ação da força inercial é evidência de uma aceleração do sistema de referência para o qual o fenômeno está ocorrendo e que tais acelerações apresentam a mesma direção, porém sentidos contrários. Além disso, esse foi o momento que consideramos ideal para a discussão sobre a distinção entre os conceitos de Referenciais inerciais e o de Referenciais Não-inerciais. Então, apresentamos os questionamentos do slide 04 sobre forças inerciais. Uma vez que foram discutidos e esclarecidos, aproveitamos a oportunidade e retomamos a questão 08 da atividade de avaliação diagnóstica (cujo desempenho nessa questão havia sido relativamente baixo para essa turma).

Quadro 3: Questão 08 da atividade de avaliação diagnóstica

QUESTÃO 08

(Ufrn) Inácio, um observador inercial, observa um objeto em repouso devido às ações de duas forças opostas exercidas pela vizinhança desse objeto. No mesmo instante, Ingrid e Acelino, observando o mesmo objeto, a partir de referenciais diferentes do referencial de Inácio, chegam às seguintes conclusões: para Ingrid, o objeto se move com momento linear constante, e, para Acelino, o objeto se move com aceleração constante.

Face ao exposto, é correto afirmar que

- A) Ingrid está num referencial não inercial com velocidade constante.
- B) Ingrid e Acelino estão, ambos, em referenciais não inerciais.
- C) Acelino está num referencial não inercial com aceleração constante.
- D) Acelino e Ingrid estão, ambos, em referenciais inerciais.

Fonte: Autoria própria (2017).

Uma nova discussão sobre essa questão resultou em uma unanimidade na escolha da alternativa correta.

Aluno X: - “Agora ficou fácil! ”

Avaliamos, assim, que foi superada a ausência de conhecimento da distinção desses referenciais necessária para a compreensão dos fenômenos.

O momento seguinte foi destinado ao trabalho das concepções sobre o peso aparente e como a força inercial pode influenciar no seu valor. Introduzimos esse tópico lançando o primeiro questionamento do slide 05 (sobre o funcionamento das balanças). Essa discussão já havia sido efetuada no primeiro encontro dessa aplicação. Porém, achamos necessário relembrar os conceitos já construídos. Portanto, apresentamos o vídeo 09, cujo objetivo era unicamente o de relembrar aqueles conhecimentos e, aproveitando a oportunidade, trabalhar a construção dos conceitos com aqueles alunos que ainda não apresentavam a concepção exposta no vídeo.

Figura 34: a), b), c) e d): Relembrando os conceitos anteriormente construídos sobre o funcionamento de balanças





Fonte: Autoria própria (2017).

Antes da exibição do vídeo, questionando:

- “O que uma balança, de fato, mede?”

Observamos que a maioria dos alunos já expressavam familiarização com o conhecimento, porém não possuíam o domínio conceitual nem procedimental, ou seja, não conseguiam explicar os fenômenos observados de forma conceitual. Porém, essa exibição e a discussão posterior a ela, possibilitou a compreensão por parte de todos eles visto que, na oportunidade dada para que eles discutissem entre si, foi unânime a concordância em termos da concepção correta. Os alunos foram capazes de citar os exemplos que, segundo relato deles, foram dados pelo professor com quem cursaram o ano anterior.

Aluno W: “Professor, é como no caso de um velhinho com uma bengala sobre uma balança, se ele empurrar a bengala no chão a balança indica peso menor. Não é?”

O aluno se referia aos casos em que uma balança muda a indicação de acordo com a força que se exerce sobre a sua superfície. Esse comentário fez outros alunos manifestarem lembrança dos exemplos e demonstrarem estar associando aquele conhecimento ao que o vídeo

exibiu. Então, fizemos o segundo questionamento do slide 05 (de “como uma balança poderia indicar um peso maior do que um corpo possui? “) e os alunos expressaram uma concepção correta. Porém, faltava ainda associar esse conhecimento aos conhecimentos adquiridos com a aplicação do produto educacional até então. O vídeo 10 trata do aumento da indicação da balança sem que haja a aparente ação de uma força. Os alunos já eram capazes de determinar se estariam observando o fenômeno a partir de um referencial inercial e também podiam determinar a direção e o sentido da aceleração do sistema. Logo após a exibição, os alunos iniciaram uma discussão a respeito do sentido de movimento do elevador. Quase todos afirmaram:

“O elevador estava subindo”

Essa afirmação direcionou a discussão para a impossibilidade de determinar, com certeza, o sentido da velocidade. Foi feito o seguinte questionamento:

“E se o elevador estivesse descendo, chegando ao térreo? ”

Esse questionamento teve a intenção de provocar um conflito, uma vez que era possível observar que alguns alunos ainda não haviam compreendido a análise a partir do referencial.

Os alunos, então, puderam concluir que a situação seria a mesma da que foi apresentada no vídeo e, agora, concluíram que essas possibilidades impossibilitariam que eles afirmassem qual seria a velocidade inicial do sistema. Os alunos demonstraram que haviam assimilado o conhecimento quando afirmaram:

“Professor, apenas alguém fora do elevador poderia dar essa informação com precisão, não é? ”

Avaliamos que o aluno agora realmente compreendeu a importância e os limites de descrição que cada referencial tem determinado fenômeno.

No vídeo 11 os alunos puderam assistir a uma situação em que a indicação da balança é reduzida. A discussão mostrou que os alunos já conseguiam indicar as possibilidades de sentido de movimento do elevador com base na determinação da aceleração do sistema. Um dos alunos relatou:

“A chave da solução daqueles casos era determinar a direção e sentido da força inercial”.

Os momentos seguintes foram dedicados a analisar a ação das Forças inerciais em sistemas que movem em trajetórias circulares. O primeiro questionamento foi relativo ao *slide* 06 (sobre Força centrífuga) e os alunos foram motivados a opinarem sobre a função centrifugar da máquina de lavar. Essa discussão possibilitou a avaliação dos alunos no que se

refere à aplicação das leis de Newton nesses casos. Foi unânime a ideia de que a água sai pelas paredes do cesto por causa da inércia.

O vídeo 12 os levou a uma nova situação de conflito, nele os alunos viram que uma camisa estava em repouso em relação ao cesto da máquina e não haveria motivos para ela se mover. Os alunos demonstraram domínio do conhecimento quando rapidamente identificaram a solução e, ao fim, ainda tivemos comentários como

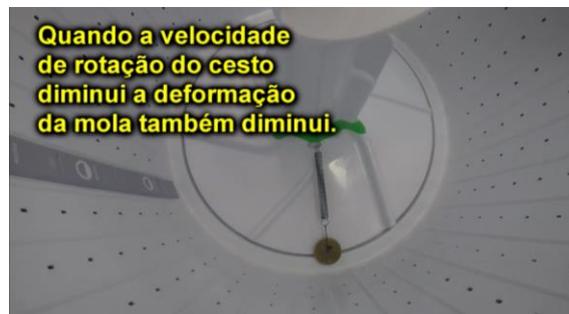
Aluno K: “Para quem está dentro do cesto as coisas estão paradas”.

Avaliamos aí que o aluno adquiriu uma habilidade em construir o conhecimento a partir da sequência de desequilíbrio, assimilação e acomodação.

Para esclarecer ainda mais, apresentamos o vídeo 13 e nele os alunos puderam visualizar a variação da intensidade da força centrífuga à medida que a mola se distendia mais ou relaxava.

Por fim, o segundo questionamento do slide 06, que tinha como objetivo dar um fechamento ao conceito da força centrífuga analisando qual o referencial em que tal força tinha atuação.

Figura 35: Exposição da ação da força centrífuga sobre a massa presa à mola



Fonte: Autoria própria (2017)

O fechamento daquele ciclo de aulas se deu com a exposição do slide 07 que apenas dava o comando para que os alunos assistissem ao vídeo 14 que tratava do efeito Coriolis. Nesse vídeo, não houve mais interferência do professor-mediador a não ser a de dar o comando para iniciar ou terminar o vídeo. O objetivo aí era estimular o aluno a tirar as suas próprias conclusões e, até mesmo, ir em busca de outras aplicações e explicação da descrição daquele fenômeno. Naquele momento foi encerrada a aplicação do produto para a nossa Turma I e assim encerramos o relato da aplicação do Produto Educacional nesta Dissertação.

O uso do ebook associado à metodologia heurística na perspectiva do conflito cognitivo possibilitou a discussão sobre a interpretação de fenômenos a partir de referenciais não-inerciais trabalhando todo o contexto no qual esse tema está inserido no que se refere a aplicações das Leis de Newton. A metodologia utilizada viabilizou a construção do

conhecimento a partir da conscientização do aluno da necessidade de reestruturar-se cognitivamente para acomodar-se diante de um conflito cognitivo.

O *eBook* desenvolvido para esta Dissertação tem como foco principal os alunos do ensino médio. Assim, seu objetivo principal é atender a este nível de ensino. Com esta finalidade, ele apresenta uma discussão qualitativa baseada nos vídeos próprios elaborados. Porém, é possível que o material seja, também, utilizado por professores e alunos de outros níveis de educação. Pensando nisso, criamos um capítulo que exhibe alguns cálculos mais complexos permitindo uma discussão mais aprofundada sobre o tema Referenciais Não-inerciais e Forças fictícias.

Capítulo 6

Considerações Finais

O processo de ensino-aprendizagem no ensino de ciências deve ter como objetivo a aproximação do aluno, de forma harmoniosa, da convivência com o meio e motivá-lo a participar de forma consciente da evolução tecnológica que acontece no ambiente que lhe rodeia. Mesmo que não perceba ou não pratique, o discente no contexto de um ensino que o leva a autonomia e a criticidade na construção de representação e conceitos científicos, se torna apto a discutir e opinar sobre tal evolução. Assim, fica claro a importância de se trabalhar conceitos com o devido cuidado de não gerar concepções errôneas que possam vir a dificultar ou impossibilitar a compreensão dos fenômenos naturais e tecnológicos da sociedade contemporânea.

É nessa perspectiva que explicitamos a relevância do presente trabalho, pois a decisão por discutir e propor uma abordagem desse tema no ensino médio, surgiu de uma preocupação no sentido de propiciar o acesso a um conhecimento, por muitas vezes, relegado, e que gera a estruturação de concepções espontâneas, alheias àquelas aceitas pela comunidade científica. Além disso, destacamos a importância em desenvolver uma metodologia pautada na heurística sob a perspectiva do construtivismo, que leva o aluno a construção de representações a fim de tornar os novos conhecimentos parte integrante da estrutura cognitiva do sujeito.

A análise das coleções de Física aprovadas pelo PNLD nos permitiu a conclusão de que o material didático disponível carece de uma complementação para que o aluno possa realizar de forma eficiente a construção mental dos conceitos relativos à referencial não inercial e forças fictícias, pois nem sempre as informações contidas nos livros permitem a compreensão ou, ainda, a forma de abordagem desfavorece um aprendizado eficiente. Esse complemento pode ser uma grande oportunidade para o professor praticar metodologias diferenciadas das tradicionalmente utilizadas nos livros. Nessa perspectiva, o PSSC, apesar de não ter emplacado no Brasil, apresentou-se como inspiração para a elaboração de uma proposta metodológica que tem como objetivo possibilitar que o aluno, a partir de exemplos de fenômenos do cotidiano, construa representações que o aproximem dos conceitos teóricos da Física do movimento e assim, aproveitar, segundo Chassot (2001), de situações não usuais de ensino - dentro de um legalismo, não curricular – para fazer ensino de ciências. Os aspectos relacionados à metodologia abordada no PSSC de Física foram fundamentais para a construção do desenho deste trabalho. Não podemos deixar de comentar a importância da perspectiva histórica na abordagem proposta. Foi fundamentalmente importante abordar as

Leis do Movimento de forma a exibir como os novos conceitos se portaram diante dos antigos conceitos e como, atualmente, muitas pessoas detêm as ideias semelhantes às que baseavam o conhecimento de séculos atrás. Segundo Chassot (2011) as dimensões históricas e filosóficas apresentam, no ensino, uma alternativa ao convencimento de que a ciência é uma construção social, isto porque, ela é escrita a cada dia e está sempre em busca de um novo marco zero. Nesse sentido, ao trazermos para as discussões o contexto histórico, permitimos a construção de significados importantes para os alunos. Segundo Martins (2012), o modo como aprendemos ciência e o modo como ela deve ser ensinada (caso fosse possível separar o ensino da aprendizagem...) certamente pode se instruir de análises do desenvolvimento histórico da ciência. Segundo o autor, isso acontece não apenas por uma questão de conteúdo, mas também, principalmente, porque existem paralelos entre a evolução das ideias científicas e o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Como já foi ressaltado anteriormente, geralmente não tem se dado importância ao estudo sobre os limites das Leis de Newton e a descrição dos movimentos a partir de referenciais não-inerciais. Os alunos que participaram da avaliação diagnóstica demonstraram não ter domínio em relação aos conceitos das Leis de Newton, mesmo tendo sido conteúdo abordados em sala, do currículo da série, de acordo com o cronograma institucional, alguns meses atrás. Dessa forma, a elaboração do livro digital “O Movimento segundo um referencial Não-Inercial” (VIRGINIO, 2017) e do Manual de uso desse livro (SILVA, 2017) (esse manual é uma sugestão de uso do livro) como produto educacional de relevância, visto que a ausência da discussão desse tema mostrou-se geradora de concepções espontâneas que podem levar os discentes a uma interpretação equivocada de determinados fenômenos.

Uma vez avaliado que os alunos submetidos ao diagnóstico apresentaram uma “bagagem” conceitual prévia errônea para o imediato uso do livro digital proposto, avaliamos a necessidade de ampliar os conteúdos conceituais no planejamento de intervenção (unidade didática) elaborado para solucionar essa necessidade. Além disso, os conteúdos procedimentais, ou seja, as manipulações do conteúdo também necessitavam de generalização. A aplicação do produto permitiu a contextualização das orientações e sugestões e ainda a “certificação” das possibilidades que o e-book oferece para o estudo e exemplificação das leis Físicas do movimento.

Tendo como comprovação das possibilidades do e-book as descrições realizadas a partir dos momentos de aplicação da unidade didática, podemos afirmar que o uso do produto educacional, que é baseado na exibição de experimentos através de vídeos, possibilitou a aproximação do aluno a fenômenos relacionados às leis do movimento e provocou a

ocorrência de conflitos cognitivos, uma vez que, depois de passar por uma sequência didática que lhe permitiu a construção de conhecimentos prévios, se viu em conflito diante das nossas situações que eram apresentadas e não podiam ser explicadas pelos conceitos das leis anteriormente estudadas. Era preciso que o aluno percebesse esse conflito, ou seja, o aluno precisava reorganizar a sua estrutura cognitiva a fim de evoluir o seu pensamento superando o conflito ao qual foi submetido.

A exibição dos vídeos foi fundamental no aspecto participação, pois os alunos mostraram-se interessados em compreender os fenômenos que estavam sendo apresentados e os vídeos eram sempre seguidos de uma discussão no qual as argumentações de autoridade (realizadas por meio de conceitos científicos) eram formuladas sempre a partir deles. Esses argumentos eram demonstrações da tentativa dos alunos em reestruturar os seus esquemas cognitivos buscando uma construção lógica, hierárquica e formada sobre uma base que eram os conhecimentos anteriores. Estava ali a demonstração das possibilidades positivas da metodologia sugerida em relação aos conteúdos atitudinais⁵. Os alunos mostraram-se motivados e dedicados às atividades propostas, ouvindo, replicando e agregando ideias na busca por dar solução as questões que lhes eram apresentadas e que causavam o desequilíbrio cognitivo. As discussões e a construção coletiva com a orientação do professor e o auxílio dos vídeos presentes no e-book propiciavam a equilibração a partir da reorganização de seus esquemas mentais. Moreira (1999) afirma que:

É através das acomodações (que por sua vez, levam à construção de novos esquemas de assimilação) que se dá o desenvolvimento cognitivo. Se o meio não apresenta problemas, dificuldades, a atividade da mente é, apenas, de assimilação, porém, diante deles, ela se reestrutura (acomodação) e se desenvolve. Não há acomodação sem assimilação, pois acomodação é reestruturação da assimilação. O equilíbrio entre a assimilação e acomodação é a adaptação à situação. Experiências acomodadas dão origem, posteriormente, a novos esquemas de assimilação e um novo estado de equilíbrio é atingido. (MOREIRA, 1999, p. 100)

Para trabalhos vindouros, sugerimos uma avaliação dos conteúdos abordados comparando os resultados obtidos entre uma abordagem baseada no ensino mais tradicional e abordagem sugerida neste trabalho, com o uso do e-Book. Assim, pode-se ter uma comprovação numérica, quantitativa, da validade da proposição heurística numa perspectiva baseada no conflito cognitivo para conseguir uma maior motivação e eficiência na aprendizagem ativa do aluno.

⁵ Os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais fazem parte do que chamamos de conteúdos de ensino – aprendizagem e são descritos na unidade didática proposta para a utilização do e-book.

Além disso, vale registrar que a construção deste trabalho foi muito importante para aprofundar o conhecimento sobre a importância do uso do livro didático bem como conhecer a história e execução do PNDL, além de alcançar o quão ele é importante para os nossos estudantes e quanta responsabilidade e atenção devemos, nós profissionais do ensino de física, demonstrar no processo de avaliação e escolha do livro didático, mas de forma dialética, precisamos nos conscientizar que o livro didático não pode ser o orientador exclusivo do nosso fazer docente. É preciso que estejamos sempre em processo formativo para que os conhecimentos conceituais da física sejam parte, juntamente com os conhecimentos pedagógicos e políticos, do conhecimento profissional que nos torna profissionais do ensino de Física e não meros conhecedores de livros ou de alguns conceitos utilizados no ensino desse componente curricular.

A construção do livro digital permitiu um aprendizado na área de programação na linguagem HTML, pois era necessária uma mínima compreensão para o desenvolvimento do produto educacional. Destacamos também a construção dos experimentos, essa prática nos trouxe um amadurecimento na compreensão da importância de trabalhar com a reprodução de fenômenos em uma escala acessível e pudemos comprovar o quão prazeroso pode se tornar, para professores e alunos, o estudo com a utilização dos experimentos. Além disso propiciou a oportunidade de iniciarmos atividades profissionais do professor que muitas vezes deixamos adormecidas, a de pesquisador e a de produtor de materiais educacionais. Essas atividades nos fizeram entender o que disse Comenius em sua *Didática magna* (2011), “é preciso ensinar aos homens que o saber não deve ser procurado nos livros, mas no céu, na terra, nos carvalhos e faias”. É verdade, como diz o autor, para conhecer, é preciso observar as coisas em si e não somente pelo testemunho de outras pessoas. Este é o nosso testemunho.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, Luis Manuel Durão. **E-Book vs. Livro tradicional como ferramenta educativa**. 2012. Tese de Doutorado.
- BALOLA, Raquel. **Princípios matemáticos da filosofia natural: a lei da inércia**. 2011. Tese de Doutorado.
- BARCELOS NETO, João. **Mecânicas newtoniana, lagrangiana e hamiltoniana**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2013.
- BARDELLI, Daniele. **A origem da inércia**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 16, n. 1. 1999.
- BARRETO, Benigno; XAVIER, Cláudio. **Física aula por aula: Mecânica**. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.
- BARROS, Alexandre Nascimento. **Proposta de unidade didática para o ensino de eletrodinâmica com abordagem em instalações elétricas residenciais**. 2015.
- BONJORNO, Regina de F. S. A et a.; **Física: mecânica**. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.
- BRASIL. Resolução nº 42, de 28 de agosto de 2012. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para a educação básica. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 de agosto de 2012.
<https://www.fnde.gov.br/fndelegis/action/UrlPublicasAction.php?acao=getAtoPublico&sgl_tipo=RES&num_ato=00000042&seq_ato=000&vlr_ano=2012&sgl_orgao=CD/FNDE/MEC>
. Acesso em: 27 Agosto de 2017.
- CALÇADA, Caio Sérgio; SAMPAIO, José Luiz. **Física Clássica: Mecânica**. 1. ed. São Paulo: Atual, 2012.
- CAMPOS, Maria Cristina da Cunha; NIGRO, Rogerio Goncalves. **Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. FTD, 1999.
- CHASSOT, Attico. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. 5. ed. rev. Ijuí: Unijuí, 2011.
- COMENIUS, J. A. **Didática Magna**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011.
- CUNHA, Ailson Vasconcelos da; DE CARVALHO, Lizete Maria Orquiza. **A experiência do balde de newton: diálogos com alunos do ensino médio The newton's bucket experiment: dialogues with high school students**. V ENPEC, 2005.
- DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; VILLAS BÔAS, Newton. **Física 01**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

FNDE <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-apresentacao>

FRISON, Marli Dallagnol et al. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de ciências naturais. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 2009.**

GARCIA, Nilson Marcos Dias. Livro didático de Física e de Ciências: contribuições das pesquisas para a transformação do ensino. **Educar em Revista**, n. 44, 2012.

GASPAR, Alberto. Cinquenta anos de Ensino de Física: Mitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. **ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE**, v. 15, p. 1-13, 1997.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física 1**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.

GONÇALVES FILHO, Aurélio; TOSCANO, Carlos. **Física: interação e tecnologia**. v. 1. ed. São Paulo: Leya, 2013.

GRACIANO, Marcelo Fernandes et al. **Física digital interativa: criação e utilização de um livro digital interativo em formato Epub3 no ensino de física**. 2016.

GUIMARÃES, Oswaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2013.

KAZUHITO, Yamamoto; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o ensino médio I**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ALVARES, Beatriz Alvarenga; **Física contexto e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2013.

MARANDINO, Martha. A prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: questões atuais. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 20, n. 2, p. 168-193, 2003.

MATTOS, Luana Lacy; PENTEADO, Paulo Cesar M. **Disciplina: Instrumentação para o Ensino de Física A**. Professor: Arden Zylbersztajn Equipe: Ângelo Cossa Ferreira, Juliana de Campos Luiz.

MENEZES, Luiz Carlos de. et al;. **Coleção Quanta Física**. v. 1. 2. ed. São Paulo: PD, 2013.

MONTEIRO, Midiã Medeiros. **Inércia e Natureza da Ciência no Ensino de Física: uma sequência didática centrada no desenvolvimento histórico do conceito de inércia**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MORAES, José Uibson Pereira. O Livro Didático de Física e o Ensino de Física: suas relações e origens. **Scientia Plena**, v. 7, n. 9, 2011.

MOREIRA, A. M; **Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas**, apresentação feita na mesa redonda “Retrospectiva de Ensino e Pesquisa”;Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Pedagógica e universitária, 1999.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?. **Investigações em ensino de ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

NUÑEZ, Isauro Beltrán; RAMALHO, Betania Leite. **Fundamentos do ensino aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004.

OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste SF. Construindo uma unidade didática conceitual sobre mecânica quântica: um estudo na formação de professores de física | Constructing a conceptual Quantum Mechanics teaching unit: a study in the preparation of Physics teachers. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 235-257, 2004.

PEDUZZI, Luiz O. Q.; MARTINS, André Ferrer P.; FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo. **Temas de história e filosofia da ciência no ensino**. Natal: EDUFRN, 2012.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro; ZYLBERSZTAIN, Arden; MOREIRA, Marco Antonio. As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da ciência numa seqüência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. **Revista brasileira de ensino de física**. São Paulo, 1992.

PENA, Fábio Luís Alves. Por que, apesar do grande avanço da pesquisa acadêmica sobre ensino de Física no Brasil, ainda há pouca aplicação dos resultados em sala de aula?. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 4, p. 293-295, 2004.

PIETROCOLA, Maurício et al. **Física: conceitos e contextos: pessoal, social e histórico**. v. 1. 1. Ed. São Paulo: FTD, 2013.

PSSC, **Física: Parte I, Parte II, Parte III, Parte IV**, Editora Universidade de Brasília, tradução autorizada com direitos reservados para o Brasil pelo IBECC-UNESCO.

PSSC, **Guia do Professor de Física– Parte I, Parte II, Parte III, Parte IV**, EDART, SP, traduzido e adaptado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências e pelo Centro de Treinamento de Professores de Ciências de São Paulo (CECISP).

RAMOS, Sebastião Braz; DE CARVALHO, Marcelo Alves. Diálogos a respeito da evolução histórica do conceito de força: de aristóteles a newton.

SANT'ANNA, Blaidi et al; **Conexões com a Física 1**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

SILVA, Melquisedec Lourenço da; VIRGINIO, Rhodriggo Mendes. **Manual Didático de Uso do E-Book: o movimento segundo um referencial não-inercial**. IFRN. 2017. Disponível em: < <http://docente.ifrn.edu.br/melquisedecsilva/producao/referencial-nao-inercial/manual-didatico-de-uso-do-e-book-o-movimento-segundo-um-referencial-nao-inercial/view>>. Acesso em: 07 Agosto de 2017.

SOUSA, Roney et al. **Construção de um experimento para o ensino de microgravidade com uso de vídeos.** 2015.

STEFANOVITS, Angelo; **Ser protagonista: Física 1º ano.** 2. ed. São Paulo: SM, 2013.

STUMPF, Alexsandro et al. O livro digital em ambientes virtuais de aprendizagem: utilização da hipermídia como novas possibilidades de leitura. In: **V Congresso Nacional de Ambientes Hipermídia para Aprendizagem**–CONAHPA, Anais,..., Pelotas. 2011.

TORRES, Carlos Magno A. et al; **Física ciência e tecnologia 1.** 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

VIRGINIO, Rhodriggo Mendes; SILVA, Melquisedec Lourenço da. **O Movimento segundo um referencial não-inercial.** IFRN. 2017. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/rhodriggovirginio/producoes/o-movimento-segundo-um-referencial-nao-inercial>>. Acesso em: 16 outubro. 2017.