INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PARNAÍBA
LICENCIATURA EM FÍSICA

ALEXANDRE REIS DA COSTA

CICLOS DE MODELAGEM NO ENSINO DAS LEIS DE NEWTON PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM COM A SIMULAÇÃO *FORCE AND MOTION: BASICS* DA PLATAFORMA PHET

PARNAÍBA-PI

2023

ALEXANDRE REIS DA COSTA

CICLOS DE MODELAGEM NO ENSINO DAS LEIS DE NEWTON PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM COM A SIMULAÇÃO *FORCE AND MOTION: BASICS* DA PLATAFORMA PHET

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus Parnaíba*

Orientador: Prof. M^{e}. Deymes Silva de Aguiar

PARNAÍBA-PI

2023

ALEXANDRE REIS DA COSTA

CICLOS DE MODELAGEM NO ENSINO DAS LEIS DE NEWTON PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM COM A SIMULAÇÃO *FORCE AND MOTION: BASICS* DA PLATAFORMA PHET

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus Parnaíba*

Aprovado pela banca examinadora em Julho de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. M^{e}. Deymes Silva de Aguiar
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

Prof. M^{e}. Lucas Izidio de Sousa Sampaio
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

Prof. M^{e}. Bruno Pires Sombra
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

PARNAÍBA-PI

2023

Dedico este trabalho à minha mãe, grande poetiza, escritora e bastião da família.

AGRADECIMENTOS

O suporte da minha família foi essencial para desenvolver o trabalho, portanto meus mais profundos agradecimentos vão para meu Pai, meu Irmão e minha Mãe. Não teria conseguido escrever e implementar a metodologia da presente monografia sem o suporte e orientação do professor Deymes Silva de Aguiar, então deixo registrada aqui minha gratidão; muito obrigado, professor. Agradeço também a turma do primeiro ano do curso eletrotécnico integrado ao médio, envolvida na pesquisa desenvolvida neste trabalho, cujo, em todos os aspectos, fizeram contribuições decisivas para a pesquisa.

Meus amigos, também fizeram importante contribuições para este trabalho, pois me proporcionaram momentos agradáveis e descontraídos, jogando *RPG*, *Card Games* ou bebendo umas. Também agradeço a amiga e colega de curso Josueli, que sempre se colocou a disposição em me ajudar de alguma forma, e nos meus momentos mais pessimistas me dava motivos para acreditar e perseverar.

Muitas pessoas contribuíram de forma direta ou indireta no desenvolvimento deste trabalho, e embora eu não tenha feito menção direta a elas nesta seção, quero deixar a todos, todas e todes meus sinceros agradecimentos por tudo.

RESUMO

O ensino de Física na educação básica vem adquirindo novos objetivos ao longo do tempo. A atual diretriz que rege a educação básica nacional, base nacional comum curricular, estabelece, para além de competências e habilidades comum a todos estudantes do Brasil, que metodologias investigativas e o uso de recursos TDIC são partes centrais no ensino de Ciências, e devem ser empregados pelo professor. Este trabalho relata uma experiência de ensino feita através de uma intervenção pedagógica na turma do 1° ano Eletrotécnico, IFPI *Campus Parnaíba*, no ensino dos conceitos das três leis de Newton, utilizando a metodologia pedagógica "ciclos de modelagem", amparada pela simulação *Force and Motion: Basics* da plataforma PHET. A pesquisa concluiu que os ciclos de modelagem, com o uso de simulação digital, oferecem momentos interativos valiosos para o processo de aprendizagem, e apesar do tempo, engajamento e dificuldade em trabalho em grupo entre os alunos, interferirem para a plena implementação desta metodologia, ela ainda se apresenta como uma metodologia pedagógica viável no ensino dos conceitos das três leis de Newton.

Palavras-chaves: Simulação Digital. Ciclos de Modelagem. Ensino de Física. Intervenção Pedagógica. Leis de Newton.

ABSTRACT

The teaching of Physics in basic education has been acquiring new objectives over time. The current guideline governing national basic education, the Common National Curricular Base, establishes that investigative methodologies and the use of ICT resources are central to Science education and should be employed by teachers. This paper reports on a teaching experience through a pedagogical intervention in the 1st year of the Electrotechnical course at IFPI Campus Parnaíba, focusing on teaching the concepts of Newton's three laws using the pedagogical methodology of "modeling cycles" supported by the Force and Motion: Basics simulation from the PHET platform. The research concluded that modeling cycles, combined with the use of digital simulations, provide valuable interactive moments for the learning process. Although time, engagement, and the challenges of group work among students may hinder the full implementation of this methodology, it still proves to be a viable pedagogical approach for teaching the concepts of Newton's three laws.

Keywords: Digital Simulation. Modeling Cycles. Physics Teaching. Pedagogical Intervention. Newton's Laws.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Relação entre narrativa e modelo mental(BELCHER, 2010) 16
Figura 2 – Diagrama da construção de conceito 17
Figura 3 – Características do conceito e modelo conceitual 17
Figura 4 – Diagrama do aprendizado através de modelos 18
Figura 5 – Diagramas de força a partir das estruturas fundamentais da modelagem(BELCHER, 2010) 19
Figura 6 – Diagrama do ciclo de modelagem 21
Figura 7 – Ambiente que será o foco das atividades 28
Figura 8 – Resposta Primeira Questão do Questionário 31
Figura 9 – Resposta Primeira Questão do Questionário 31
Figura 10 – Finalização do procedimento experimental na sala de aula 33
Figura 11 – Uso do laboratório de Física para a etapa de construção dos modelos . 34
Figura 12 – Interação com os grupos colaborativos durante construção dos modelos 35
Figura 13 – Interação com os grupos colaborativos durante construção dos modelos 35
Figura 14 – Produção com prévio contato com as três leis de Newton 36
Figura 15 – Modelo retirado da internet 37
Figura 16 – Modelo retirado da internet 37
Figura 17 – Analise junto a um grupo sobre dados da parte dois do roteiro 38
Figura 18 – Situação da lei de inércia 39
Figura 19 – Modelo inicial grupo 1 43
Figura 20 – Modelo final do grupo 1 43
Figura 21 – Modelo do grupo 2 44
Figura 22 – Modelo retirado da internet 44
Figura 23 – Modelo final grupo 3 45
Figura 24 – Modelo inicial grupo 4 45
Figura 25 – Modelo final do grupo 4 46
Figura 26 – Modelo inicial do grupo 5 46
Figura 27 – Modelo final do grupo 5 47
Figura 28 – Modelo inicial do grupo 6 47
Figura 29 – Modelo Final do grupo 6 48
Figura 30 – Resultados Pré-teste e Pós-teste 48
Figura 31 – Resposta questão 8 pré teste 49
Figura 32 – Resposta questão 8 pós-teste 50
Figura 33 – Resposta questão 9 pré-teste 50
Figura 34 – Resposta questão 9 pós-teste 50
Figura 35 – Criação de modelo dentro do laboratório de Física 52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TDIC - Tecnologia Digital de Informação e Comunicação

PHET - Physics Education Technology

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

FCI - Force Concept Inventory

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 12
2.1 O ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL 12
2.1.1 Estado do Ensino de Física no Brasil 12
2.1.2 Dificuldades Enfrentadas no Ensino de Física 13
2.1.3 Abordagem investigativa no ensino de física 14
2.2 Base Nacional Comum Curricular 14
2.3 TEORIA DE MODELAGEM COGNITIVA NO ENSINO DE FÍSICA . 15
2.3.1 Desenvolvimento da Teoria de Modelagem Cognitiva 15
2.3.2 Teoria da Modelagem Cognitiva 16
2.3.3 Instrução por Modelagem 19
2.3.4 Trabalho Sobre o Armazenamento do Conceito de Força(FORCE CONCEPT THEORY-FCI) 20
2.3.5 Ciclos de Modelagem 20
2.4 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA 22
2.4.1 Obstáculos na Execução de Experimentos na Escola Pública 22
2.5 Simulações Digitais no Ensino Física 23
2.5.1 Plataforma PHET 23
2.6 Leis de Newton e a Dinâmica 23
2.6.1 Primeira Lei de Newton 24
2.6.2 Segunda Lei de Newton 24
2.6.3 Terceira Lei de Newton 24

3 METODOLOGIA 25
3.1 Sequência Didática 25
3.2 Aplicação de Questionário de Pré-teste e Pós-teste 26
3.2.1 Questionário de Pré-teste 26
3.2.2 Questionário de Pós-teste 27
3.3 Recursos Tecnológicos Digitais de Informação e Comunicação Utilizados 28

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 29
4.1 Atividades Primeiro Encontro 29
4.1.1 Discussão das Atividades no Primeiro Encontro 30
4.2 Atividades Segundo Encontro 32
4.2.1 Discussão das Atividades no Segundo Encontro 36

4.3 Atividades Terceiro Encontro 40
4.3.1 Discussão das Atividades do Terceiro Encontro 41
4.4 Discussão dos Modelos Produzidos 42
4.4.1 Modelo do Grupo 1 42
4.4.2 Modelo do grupo 2 44
4.4.3 Modelo Grupo 3 44
4.4.4 Modelo grupo 4 45
4.4.5 Modelo grupo 5 46
4.4.6 Modelo do grupo 6 47
4.5 Desempenho Questionários Pré-teste e Pós-teste 48
4.6 Discussão: Questionário X Experimento de Ensino 51
4.7 Dificuldades na Implementação da Metodologia 52

5 CONCLUSÃO 54

REFERÊNCIAS 55

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PRÉ-TESTE 59

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE PÓS-TESTE 62

APÊNDICE C – ROTEIRO EXPERIMENTAL 65

APÊNDICE D – SEQUÊNCIA DIDÁTICA 68

1 INTRODUÇÃO

A presença da disciplina de Física na educação básica no Brasil, teve diferentes objetivos ao longo do tempo. Atualmente, as diretrizes que guiam o ensino de Física, e de Ciências no geral, dão ênfase a um caráter investigativo para o ensino, onde os estudantes devem interagir de maneira ativa com o conteúdo trabalhado em sala de aula; uso de recursos tecnológicos digitais de informação e comunicação, pois estes recursos fazem parte do cotidiano da sociedade do século XXI e não devem ser deixados de lado no ambiente escolar; e desenvolver atividades onde o trabalho colaborativo entre os estudantes possa ser performado.

O presente trabalho realizou uma intervenção pedagógica utilizando a metodologia pedagógica, "ciclos de modelagem", desenvolvida pelos pesquisadores em ensino de Física(Physics Educational Research) norte americanos, David Hestenes, Malcolm Wells e Gregg Swackhamer, amparado por experimentação feita na simulação *Force and Motion: Basics* da plataforma PHET. Por ser amplamente amparada numa perspectiva investigativa, e ter sido criada com o objetivo de aprimorar o ensino de Física, o seguinte problema inspirou o desenvolvimento da pesquisa: Os ciclos de modelagem com o uso da simulação *Force and Motion: Basics* como recurso de plataforma experimental, é uma prática pedagógica viável no ensino das três leis de Newton, para os estudantes do primeiro ano do ensino médio?

A estrutura da metodologia didática, *ciclos de modelagem*, possibilita o uso de diversos recursos apresentados como necessários pelas diretrizes de ensino de Física; e além disso, uma variedade de pesquisas em ensino de Física, relacionadas ao uso desta metodologia em sala de aula, atestam a favor de uma melhor aprendizagem nos conteúdos trabalhados em sala de aula. Portanto, a avaliação da performance e a receptibilidade desta metodologia no ensino do conteúdo das três Leis de Newton para alunos do primeiro ano do ensino médio, será o principal foco da presente pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL

A disciplina de Ciências no ensino básico, ganhou relevância no ensino brasileiro com o final da segunda guerra mundial, a partir de uma visão mais economicamente politizada do conhecimento científico (KRASILCHIK; (BRAZIL), 1987) (PILLETI, 1989) .

Uma postura da educação em Ciências no Brasil, em relação a tornar os estudantes capazes de agir e pensar através de passos baseados no saber científico, entra no debate nacional a partir dos anos 1950 (FROTA-PESSOA; GEVERTZ; SILVA, 1975).

Entre os anos 1950 e 1970, o desenvolvimento de teorias cognitivas nas áreas epistemológicas e linguísticas revolucionou o saber sobre a mente humana, e passaram a ter influência acerca das teorias pedagógicas (THAGARD, 2020); a educação brasileira passou a sofrer influência dessas teorias a partir dos anos 1980, onde há uma valorização das experiências prévias dos alunos e na importância do aluno ter vivência real dos conteúdos em sala de aula para efetivar seu aprendizado (NASCIMENTO; MIZUKAMI; REALI, 2009).

Embora a importância da aula de Ciência, em ter um foco centrado no aluno, tenha ganhado destaque no discurso acadêmico e pedagógico, o ensino de Ciências nas escolas continuaram a ter grande predominância no comportamentalismo e na aprendizagem mecanicista; em grande parte devido a carência de capacitação dos professores e a precariedade da sala de aula (NASCIMENTO; MIZUKAMI; REALI, 2009)

2.1.1 Estado do Ensino de Física no Brasil

A disciplina de Física sempre esteve presente nas escolas, integrando parte dos conteúdos da disciplina de ciências(PILLETI, 1989). E a atenção para sua importância em fazer parte da educação básica dos estudantes, cresceu entre as décadas de 1960 e 1970, seguindo o aumento de popularidade do ensino de Ciências no meio político e acadêmico, devido o grande crescimento tecnológico no âmbito econômico-político e social, por exemplo: Lançamento da primeira sonda espacial “Sputnik” e desenvolvimento de sistemas de telecomunicação (GASPAR, 1995)).

O primeiro simpósio nacional sobre o ensino de Física(SNEF) realizado em 1970, é um marco do ensino de Física no Brasil, pois uma variedade de questões acerca dos conteúdos, metodologias e expectativas acerca da disciplina de Física no ensino básico foram amplamente discutidos; assim, deu início a criação de bases para o desenvolvimento

do jeito de ensinar e avaliar o conhecimento de Física (SNEF, 1970)

A partir do trabalho de (PERDIGãO; IPOLITO, 2021), é possível visualizar como a presença dos conteúdos de Física na escola tiveram diferentes objetivos durante sua história, com auxílio de um dos mais usados, e extremamente importante material didático: O livro didático:

> Até fins da década de 1920, os livros valorizavam práticas técnicas e experimentais, buscando acompanhar a Ciência contemporânea. As fronteiras mais tênues entre as ciências também se reproduziam nas obras. Entre as décadas de 1930 e 1950, houve recuo a um cientificismo descolado da prática científica, com estagnação de conteúdos e abordagens. Nos anos 1960, assistimos a uma diversificação das diretrizes de ensino, culminando com uma variedade grande de enfoques, muitos como fruto de projetos educacionais, mas, na maioria dos casos, com redução de conteúdo.(PERDIGãO; IPOLITO, 2021, p. 14)

A razão e os objetivos de estudar Física ainda sofreria mais mudanças no futuro até chegar na perspectiva atual, onde os conteúdos da disciplina tentam estar mais alinhados com o cotidiano dos alunos, e o principal objetivo é promover o aprendizado significativo a fim de construir uma formação cidadã crítica e capaz de interferir nos problemas cotidianos da comunidade.(PERDIGãO; IPOLITO, 2021)(BRASIL, 2002b)(Ministério da Educação, 2017):

2.1.2 Dificuldades Enfrentadas no Ensino de Física

A metodologia didática aplicada no ensino de Física, está no centro do debate entre os educadores de Ciências por décadas, e é notável a semelhança dos problemas relatados ao longo dos anos. A formação dos professores de Física é um ponto crítico e está relacionado à qualidade didática em sala de aula, baixo desempenho dos estudantes na disciplina e aumento do preconceito com a disciplina pelos estudantes mais jovens (BEZERRA et al., 2009).

A baixa qualidade na formação dos professores, intensifica o uso da metodologia tradicional, majoritariamente conhecida por se basear bastante na abstração e na passividade dos alunos no processo-ensino aprendizagem; e ainda incentiva a resistência em aplicar novas metodologias didáticas no dia a dia letivo da disciplina, o que torna a aula de Física, durante todo período letivo, extremamente enfadonho e desmotivador para os alunos devido a natureza repetitiva (BEZERRA et al., 2009). É notável como trabalhos do inicio do século XX descrevam a formação de baixa qualidade dos professores de Física como um problema na educação científica (WEAD, 1884), (Hall, 1909), (Commission on College Physics, Preparing High School Physics Teachers; 1968).

Outro problema no ensino de Física, e disciplinas de Ciências no geral, é a precariedade do espaço escolar; na maioria das escolas brasileiras, as quais foram criadas quase que totalmente voltadas para o método de ensino tradicional, sem oferecer espaço didático

para dar suporte em outras metodologias; mesmo um professor capacitado é impedido de ministrar metodologias diferente que a tradicional, pelos baixos recursos a disposição (BEZERRA et al., 2009)

E finalmente um problema estrutural da educação brasileira, que acaba refletindo de forma contra-produtiva na atuação dos professores em sala de aula, é o baixo ressarcimento e falta de uma carreira profissional atrativa e motivadora; muitos professores acabam se sobrecarregando para conseguir manter um custo de vida comum, resultando na baixa qualidade da sua desenvoltura pedagógica em sala de aula (AGUIAR; SOUZA, 2019)

2.1.3 Abordagem investigativa no ensino de física

A disciplina de Física tem um extenso histórico de impopularidade e baixo rendimento entre os alunos; essa aparente dificuldade em fazer os alunos aprenderem o conteúdo, motivaram uma diversidade de professores de Física na busca de práticas capazes de aprimorar o ensino aprendizagem dos alunos (MOREIRA, 2000).

Artigos datados no ano de 1905, como o do físico Charles Mann, expressam como o conhecimento científico deve ser construído pelos alunos através da participação direta do conteúdo e experimentos; o exato oposto da metodologia tradicional, onde o aluno tem uma participação passiva e sua função é puramente absorver conhecimento:

> Quando a ciência foi introduzida nas escolas, seu ensino ocorreu naturalmente (...) dogmática e dedutivamente. Entretanto, cabe-nos agora dar-nos conta de que a ciência é nosso processo de interpretar fenômenos físicos (...) assim que, para jovens tornarem-se proficientes em ciência, devem receber ensino que os conduza a como interpretá-la sozinhos. Devem desenvolver o hábito de realizar interpretações adequadas de fenômenos - um hábito que se adquire apenas através de estudo científico (OTERO; MELTZER, 2017, p. 51)

A metodologia de ensino por investigação fomenta uma participação maior do aluno no processo de ensino aprendizagem, onde ele participa de todas as etapas do processo de maneira ativa (CONSTANTINI, 2018). E sua utilização possibilita promover além da participação, uma melhor recepção dos conteúdos de Física (JUNIOR et al., 2019)

2.2 BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR

A presença de um amparo legal voltado para criação de um sistema de ensino onde todos os alunos do território nacional, teriam acesso comum a conteúdos considerados essenciais, surge inicialmente na constituição cidadã brasileira promulgada em 1988, em seu artigo 210(BRASIL, 1988; MOZENA; OSTERMANN, 2016).

A lei de diretrizes e bases da educação(LBD), que forma toda a estrutura jurídica que rege o funcionamento da educação nacional, faz menção direta a criação de uma base nacional comum a todos os estudantes do Brasil no seu artigo 26 (BRASIL, 1996):

> Os currículos da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos.(ART.26 (BRASIL, 1996))

Homologada em 2017 a base nacional comum curricular, introduz a noção de habilidades e competências que todos os alunos do Brasil devem adquirir ao longo da educação básica(Ministério da Educação, 2017). Para promover a obtenção das competências e habilidades relacionadas as disciplinas de Ciências, a BNCC apresenta ferramentas e métodos que devem fazer parte da prática dos docentes destas disciplinas: Recursos tecnológicos digitais de informação e comunicação e metodologias investigativas (Ministério da Educação, 2017).

2.3 TEORIA DE MODELAGEM COGNITIVA NO ENSINO DE FÍSICA

2.3.1 Desenvolvimento da Teoria de Modelagem Cognitiva

Nos anos 1960, diversas teorias cognitivas foram desenvolvidas, sendo uma variedade dessas teorias aplicadas na educação (BELCHER, 2010). No contexto do ensino de Física nas escolas norte americanas, nos anos 1980, onde a ausência de interesse dos estudantes em cursar a disciplina, o baixo rendimento das turmas de Física, evasão, má qualidade na formação dos professores, e o ensino de Ciências passar a ser tratado como um assunto de soberania nacional, serviu como inspiração para pesquisa em teorias epistemológicas e a eventual publicação do trabalho "Instrução Por Modelagem"(Modelling Instruction) do Físico David Hestenes, em 1987, com o objetivo de sugerir novas formas de ensinar Física(BELCHER, 2010).

De acordo com (HESTENES, 1987), o problema do desempenho na disciplina de física das escolas, pode ser solucionado, em parte, com a utilização de uma metodologia pedagógica que inclua os pensamentos e opiniões dos estudantes.

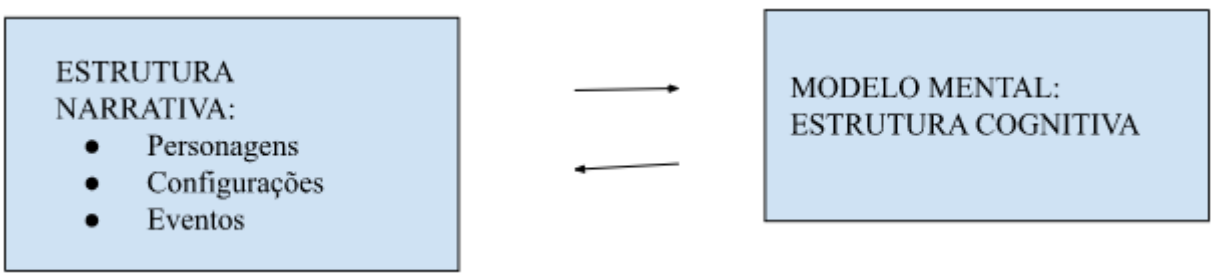
A metodologia tradicional, quando é aplicada em sala de aula, força os alunos a se submeterem aos moldes comportamentalistas da escola, onde o principal interesse dos estudantes será decorar, como aplicar a fórmula correta em cada questão da prova.(HESTENES, 1987) Ainda segundo (HESTENES, 1987) quando o professor leciona os conteúdos de física, se espera que eles sejam capazes de, a partir de então, visualizar e aplicar aquele conhecimento no seu dia a dia; porém, os alunos já trazem suas próprias perspectivas e interpretações de como a natureza funciona, e moldar essa visão seria equivalente a uma grande descoberta científica pelo aluno, equivalente a grandes descobertas que moldaram a visão de grandes cientistas; esperar que o aluno passe por esse processo sem trabalhar inicialmente seus preconceitos acerca do tema, é impossível, e por isso o método tradicional é tão falho.

O trabalho que fundamentou a teoria de modelagem cognitiva foi publicado em 1987, com autoria de David Hestenes, após amplo estudo das teorias cognitivas epistemológicas da época.

2.3.2 Teoria da Modelagem Cognitiva

O processo de aprendizagem é o principal foco da teoria da modelagem cognitiva. Segundo (HESTENES, 1987) o ser humano aprender através de constantes criações e reformulações de modelos mentais. A figura 1 exemplifica a aplicação dos princípios da teoria da modelagem cognitiva, na construção de narrativas.

Figura 1 – Relação entre narrativa e modelo mental(BELCHER, 2010)

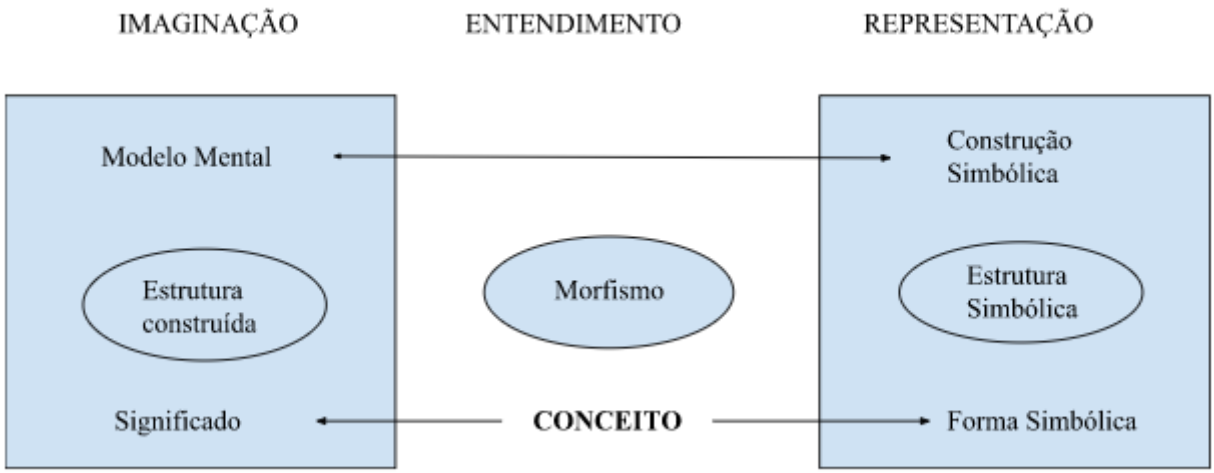


Fonte: (HESTENES, 2015)

A narrativa é expressa através da leitura de símbolos, ou a percepção de diferentes sons. A linguagem entre diferentes pessoas, favorece a assimilação, reformulação e criação dos seus diferentes modelos mentais (BELCHER, 2010). De acordo com (HESTENES, 2006) essa ideia está no campo da linguagem cognitiva, e completa: “Linguagem não se refere diretamente ao mundo, mas sim, a modelos mentais e componentes do mesmo! Palavras servem para ativar, modificar ou criar modelos mentais”(HESTENES, 2006).

A teoria da modelagem cognitiva explica que um “conceito” é criado pelo indivíduo, quando ele dá corpo(morfismo) uma estrutura, cujo significado está atrelado a um modelo mental, e é estabelecida sobre moldes simbólicos, e assim, sendo possível ser transmitido; essa configuração é´conhecida como par (forma, siginificado) (Figura 2).(BELCHER, 2010).

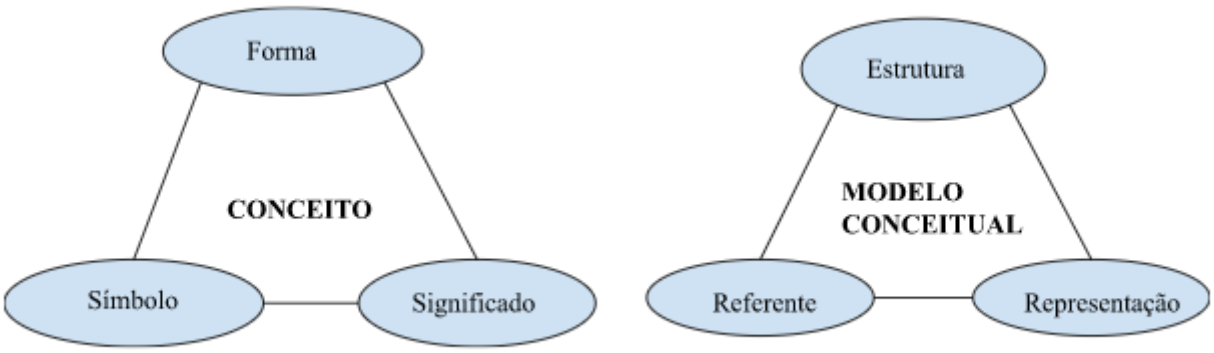
Figura 2 – Diagrama da construção de conceito



Fonte: (HESTENES, 2015)

A (figura 3), distingue três características sobre o conceito e conceito mental. De acordo com (HESTENES, 2015) a forma simbólica do conceito, pode ser definida a partir das características: símbolo, forma e significado. O símbolo é a forma construída a fim de possibilitar a transmissão para outros indivíduos; a forma é a estrutura do conceito; e o significado é a interpretação particular do conceito realizada pelo indivíduo. O conceito mental segue as mesmas características do conceito individual; porém o conceito mental é compartilhado e influenciado por um grupo; ou seja, as suas características mudam caso um grupo de indivíduos acredite que outra representação seja mais adequada para interpretar o modelo mental.(HESTENES, 2015)

Figura 3 – Características do conceito e modelo conceitual

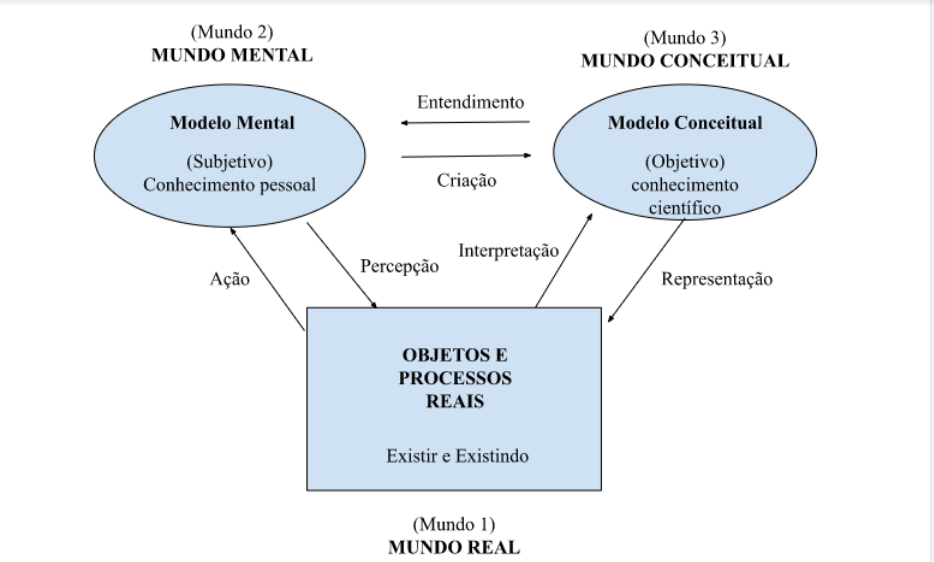


Fonte: (HESTENES, 2015)

A (Figura 4) ilustra a relação entre modelos mentais, modelos conceituais e o

mundo real. Segundo (HESTENES, 2006) está na distinção entre o mundo mental e o mundo conceitual, o principal foco da educação científica, pois o modelo mental é a interpretação individual do estudante, enquanto que o mundo conceitual é formado por modelos conceituais fundamentados inteiramente pelo conhecimento científico; então o objetivo da educação em ciências é tornar o modelo mental estabelecido pelo estudante, o mais fidedigno possível com o modelo conceitual criada pela ciência. Desta forma, o papel do professor é de trabalhar os modelos mentais preconcebidos dos alunos, e através de atividades práticas, como experimentos ou outras atividades de laboratório, reforçar novas concepções ao aluno.

Figura 4 – Diagrama do aprendizado através de modelos



Fonte: (HESTENES, 2015)

A teoria de modelagem cognitiva oferece uma explicação de como o processo de aprendizagem ocorre; a utilização de diferentes informações serve para a criação de modelos mentais, realizados individualmente, ou, modelos conceituais realizados coletivamente (BELCHER, 2010). A palavra "modelo", é bastante genérica já que em diversas áreas é possível observar sua aplicação em diferentes situações. Na teoria da modelagem cognitiva, um modelo é definido como um conjunto de relações entre estruturas; sendo as estruturas definidas como um conjunto de relação entre diferentes objetos. Qualquer tipo de modelo presente nas disciplinas científicas pode ser construído a partir de quatro tipos de estruturas fundamentais:

- Estruturas sistêmicas que se relaciona a características do objeto como: Composição, propriedades e causalidades;
- Estrutura geométrica, a qual identifica a localização e a configuração de um objeto dado um sistema de referência;

- Estrutura de interação onde as interações, e também, causalidades, entre os objetos são estabelecidos;
- E por fim a estrutura responsável em descrever a mudança temporal das variáveis de estado, chamada de estrutura temporal.

As representações do modelo, podem variar de formas escritas ou orais, como: Discursos, diagramas, matemática, gráficos, programas computacionais, desenhos etc; e cada estrutura tem uma representação específica; um estudante do ensino médio estudando cinemática, visaria um foco maior nas representações gráficas, já um estudante de graduação buscaria uma representação gráfica e matemática.(BELCHER, 2010) A figura 5 dá um exemplo utilizando a construção do diagrama de forças.

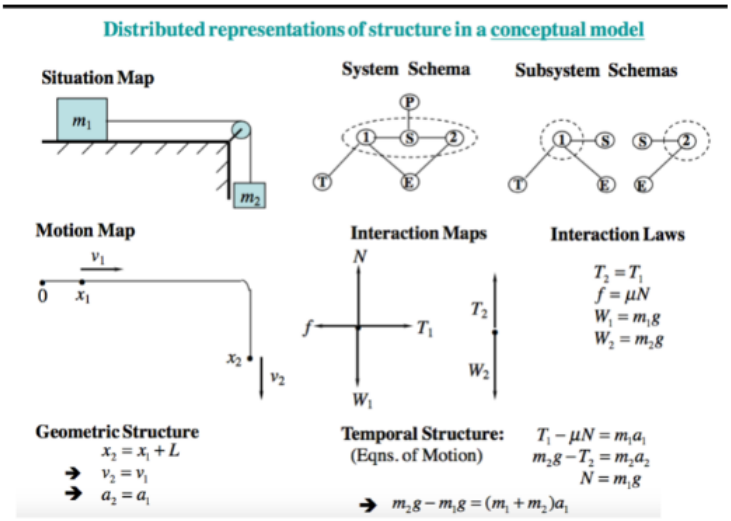


Figura 5 – Diagramas de força a partir das estruturas fundamentais da modelagem(BELCHER, 2010)

2.3.3 Instrução por Modelagem

A instrução por modelagem tem como principal fundamento a utilização de modelos, bem como a sua criação através da modelagem. Logo, os modelos definem o arcabouço dessa metodologia didática. Os estudantes criam ou modificam modelos mentais pré-existentes, fazendo atividades práticas, como experimentos e discussões. Em seguida, repetem o procedimento realizando novos experimentos e novas discussões, comparando os modelos mentais criados com o modelo conceitual presente na literatura científica, aperfeiçoando a interpretação da natureza sob a óptica científica; esse processo é chamado de "ciclo de modelagem"(HESTENES, 1987; BELCHER, 2010).

2.3.4 Trabalho Sobre o Armazenamento do Conceito de Força(FORCE CONCEPT THEORY-FCI)

Na década de 1990 um trabalho desenvolvido por (HESTENES; WELLS, 1992), buscou obter resultados sobre a predominância de noções pré-concebidas de dinâmica sob as noções newtonianas de dinâmica. A conclusão do trabalho revelou uma alta taxa de armazenamento de conceitos não newtonianos de dinâmica, onde, segundo seus autores, não é problema dos alunos ou do professor que o ensino dos conteúdos não sejam fixados, e sim da metodologia; Hestenes enfatiza que a metodologia tradicional é ineficaz para o aprendizado, porque não leva em conta a perspectiva particular do estudante sobre como o mundo funciona, "Todo estudante começa a estudar física com um senso comum bem estabelecido de como o mundo físico funciona, derivado de anos de experiência própria (HESTENES; WELLS, 1992):

> Durante a última década, as pesquisas no ensino de física estabelecem que esses sensos comuns são extremamente importantes na física introdutória. Instrução que não leva essas crenças em conta são quase que totalmente ineficazes, ao menos para a maioria dos estudantes(WELLS; HESTENES; SWACKHAMER, 1995, p. 607)

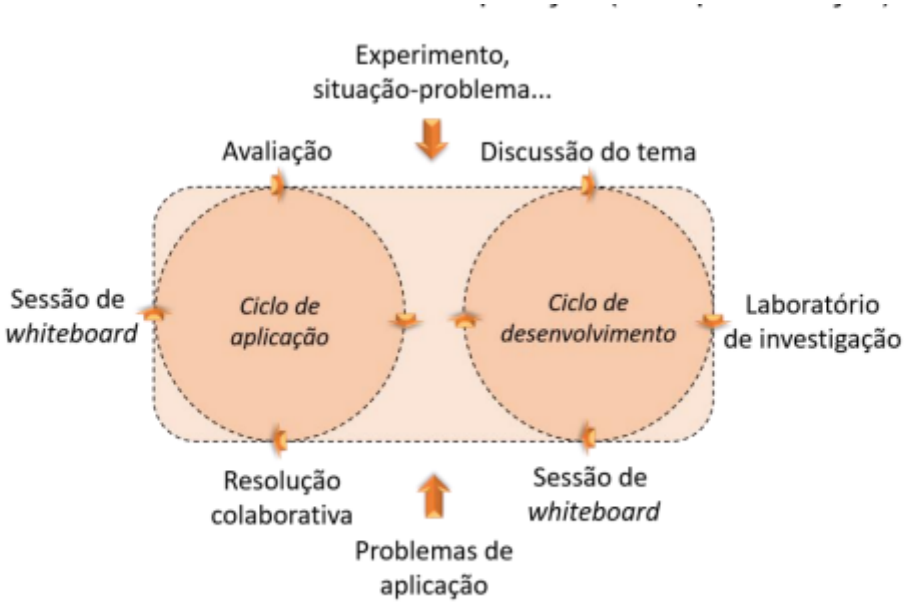
Além da conclusão sobre o desempenho de práticas pedagógicas que não levam em consideração o senso comum dos alunos, o trabalho revelou um grande benefício para o desempenho no ensino quando, os "Ciclos De Modelagem" como principal metodologia didática da sala de aula foi aplicada.

2.3.5 Ciclos de Modelagem

Em 1987 quando David Hestenes publicou a base da teoria de modelagem cognitiva, ainda não havia plena metodologia didática para utilizar tal teoria pedagógica.(BELCHER, 2010)). Um experiente professor de Física do ensino médio chamado, Malcolm Wells, buscava aprimorar sua metodologia didática para melhorar o desempenho dos seus estudantes na disciplina de Física, acabou sendo orientado por David Hestenes. Desta parceria surgiu a metodologia chamada, "ciclos de modelagem(WELLS; HESTENES; SWACKHAMER, 1995).

Os ciclos de modelagem são estabelecidos com auxílio de atividades investigativas; estes ciclos são divididos em etapas de: modelagem do tema escolhido e aplicação do modelo construído. A etapa de desenvolvimento do tema pode dividir-se em: discussão e escolha do tema; laboratório de pesquisa; e sessão de whiteboard. Na etapa de aplicação, o trabalho desenvolvido pelos grupos são divulgados, e as resoluções são alcançadas com discussões guiadas e mantidas pelo professor. A modelagem do tema pode ser através de: experimentos de baixo custo, simulações computacionais, situações problemas etc (SOUZA; SANTO, 2019). A seguinte imagem contém o procedimento dos ciclos de modelagem:

Figura 6 – Diagrama do ciclo de modelagem



Fonte: (SOUZA; SANTO, 2019)

Hestenes(1987) salienta a importância de, após estabelecer o tema a ser problematizado , as discussões posteriores serem pautadas sob perspectiva de uma teoria científica; dessa forma é possível ter noção de quais objetos e propriedades são passíveis de serem modeladas. É importante que durante a fase de discussão as quatro tipos de estruturas universais sejam levadas em conta(HESTENES, 2015).

Quando um tema é escolhido, a sala deve ser dividida em grupos colaborativos de trabalho, e logo em seguida dar prosseguimento a pesquisa. (DESBIAN, 2002) fala da relevância do trabalho colaborativo para gerar uma "comunidade de aprendizagem", endossando a utilidade da divisão de grupos colaborativos.

O procedimento de modelagem deve guiar os grupos nas questões relativas à produção de informações qualitativas e quantitativas do trabalho; fomentando a discussão, planejamento e a pesquisa de diferentes fontes. O conceito, ou modelo, criado pelos alunos, devem ser expostos na fase de "sessão de whiteboard", para dar espaço a divulgação e defesa das suas conclusões. O conceito pode ser representado por uma diversidade de inscrições simbólicas, por exemplo: Gráfica, Algébrica, Escrita e Diagramática. A avaliação é de caráter formativo e ocorre durante todo o processo de modelagem, ficando a critério do professor estabelecer meios de avaliação de aprendizagem individual dos alunos. (SOUZA; SANTO, 2019).

O instrumento de divulgação dos resultados alcançados pelo grupo durante a sessão de whiteboard é um quadro branco de dimensões $70cmx70cm$. Durante o desenvolvimento dessa metodologia, (WELLS; HESTENES; SWACKHAMER, 1995), endossou a utilidade

e importância de sua utilização durante essa sessão. Porém (SOUZA; SANTO, 2019) aponta a inviabilidade na aquisição comercial desses instrumentos devido ao preço elevado e número de peças necessárias para serem adquiridas, e trás a alternativa de confecção particular a partir de materiais mais baratos.

2.4 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

A utilização de experimentos no estudo de conteúdos de Física, tem como foco, oferecer aos estudantes um contexto capaz de facilitar a visualização da origem e interações das variáveis presentes na equações; promovendo dessa forma uma maior proximidade com a formação científica tão almejada para a educação básica atualmente (GERMANO, 2018).

De acordo com (MOREIRA, 2018) a aplicação da experimentação nas aulas têm a capacidade de transportar o ensino do conteúdo a uma vivência real para o estudante; esse favorecimento da vivência de uma situação prática, fortalece o processo de ensino aprendizagem e a relação professor-estudante.

Embora o emprego de prática investigativa através da experimentação esteja presente nas diretrizes normativas do ensino de ciências na educação básica(BRASIL, 2002b)(Ministério da Educação, 2017), sua utilização é escassa. E nos momentos onde ela finalmente é utilizada, o processo investigativo é ofuscado pela rigidez dos passos a serem seguidos, substituindo o processo de investigação por um processo mecânico, como se seguisse uma "receita de bolo" (CARVALHO; AL, 2010).

Nessa situação, (BORGES, 2002) sugere então, a promoção de atividades investigativas mais abertas, onde os alunos não deveriam seguir à risca um roteiro experimental extremamente estruturado, ou a ordem estabelecida pelo professor por instruções verbais. Para obter o maior benefício da experimentação no ensino, é ideal que a prática investigativa esteja presente na maioria das etapas, com o uso de pesquisa e questionamentos, para incentivar a busca de conhecimento pelos estudantes(GERMANO, 2018).

2.4.1 Obstáculos na Execução de Experimentos na Escola Pública

A ausência de espaços dedicados a promover atividades práticas, como experimentos, na grande maioria das escolas públicas, torna sua implementação mais complicada (SILVA; LEAL, 2017) . A fim de contornar essa situação muitos professores recorrem ao "mundo aberto" como laboratório já que a Física é uma Ciência voltada a entender o comportamento elementar das características do mundo(BEZERRA et al., 2009)

2.5 SIMULAÇÕES DIGITAIS NO ENSINO FÍSICA

Os recursos tecnológicos digitais de informação e comunicação, fazem parte da sociedade do século XXI, como (ALMEIDA; OLIVEIRA, 2021), estes recursos mudaram as formas de relações sociais de maneira rápida, adquirindo diferentes representações e signos.

Neste novo cenário, estes recursos se apresentam como uma ferramenta importante para o ensino de Física, pois através deles é possível criar situações inéditas em uma sala de aula que antigamente só era possível em instituições com condições estruturais específicas(ALMEIDA; OLIVEIRA, 2016).

Neste rol de possibilidades com o uso destes recursos, a simulação se destaca por ser capaz de proporcionar um ambiente interativo, simples e dinâmico, onde é possível fazer experimentos dos mais variados conteúdos da Física de maneira visualmente atrativa ao aluno (ADEYEMO, 2010).

2.5.1 Plataforma PHET

A plataforma PHET, foi criada em 2001 na universidade do Colorado Boulder, nos Estados Unidos, com o nobel de Física Carl Wieman encabeçando o projeto, onde seu desenvolvimento esteve em oferecer recursos TDIC's através de simulações simples e interativas, para professores de Física, Química, Biologia e Matemática; atualmente esta plataforma conta com 164 simulações e 120 traduções(University of Colorado Boulder, Acesso em 2023).

De acordo com (PHET..., 2006), o uso da plataforma PHET é extremamente benéfico para o ensino de Física devido a simplicidade de suas simulações, permitindo ao estudante exploração intuitiva das funções presentes na simulação.

E trabalho e através da pesquisa de (SILVA; ROMEU; BARROSO,), o uso da plataforma PHET para o ensino de Física apresenta resultados benéficos de forma enfática, reforçando que seu fácil acesso, qualidade e quantidade de simulações são materiais imprescindíveis para uma sala de aula atualmente.

2.6 LEIS DE NEWTON E A DINÂMICA

O cientista inglês Isaac Newton(1643-1727), desenvolveu trabalhos que revolucionaram a compreensão humana sobre a natureza e o universo; a publicação de seu livro "Princípios Matemáticos da Filosofia Natural", representou uma cisão de um modelo cosmológico proposto proposto por Aristóteles, que perdurava por mais de 2 mil anos(DARLING, 2006). É neste mesmo trabalho que Newton, através dos resultados experimentais de Galileu Galilei e Johannes Kepler, fundamenta as bases da dinâmica clássica através de três

leis, que foram batizadas de "As três leis de Newton", em homenagem a ele (DARLING, 2006).

2.6.1 Primeira Lei de Newton

Recorrentemente chamada de "Lei da Inércia", a primeira Lei de Newton, fundamenta as bases de como categorizar um referencial inercial.(GRUPO, 1999) Essa lei pode ser enunciada da seguinte forma:

- Caso a força resultante em um objeto parado ou com velocidade constante seja zero, este manterá seu movimento constante indefinidamente, até que a força resultante se torne não nula. (YOUNG; FREEDMAN, 2019)

2.6.2 Segunda Lei de Newton

A segunda Lei estabelece a relação entre Força, Massa e Aceleração, sendo comumente chamada de lei geral da dinâmica (HALLIDAY ROBERT RESNICK, 2018):

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} \tag{2.1}$$

Onde **F** se refere a força, **m** a massa e **a** é a aceleração. (NUSSENZVEIG, 2013), cita que erroneamente a segunda lei é comumente considerada uma espécie de definição para força, porém ele esclarece que diferente de uma definição força a segunda lei é serve como um molde para leis de Força, já que a força para ser modelada vai depender da sua própria origem. A formulação original da segunda lei presente no trabalho de Newton é:

$$\frac{\mathrm{d}\mathbf{p}}{\mathrm{d}t} = m\frac{\mathrm{d}\mathbf{v}}{\mathrm{d}t} \tag{2.2}$$

Onde, de acordo com (NUSSENZVEIG, 2013), em algumas aplicações se torna uma formulação mais adequada.

2.6.3 Terceira Lei de Newton

A terceira lei de Newton, também é conhecida como a lei da ação e reação, e a partir de (YOUNG et al., 2020) pode ser enunciada da seguinte forma:

- Todo agente que imprime força em algum objeto, está sujeito a receber uma força de igual intensidade e direção, porém com sentido contrário, vindo do objeto.

Desta forma, caso um objeto A imprima uma força F_a em um objeto B, o objeto B irá imprimir uma força F_b no objeto A, onde $F_a = -F_b$ (YOUNG et al., 2020).

3 METODOLOGIA

O método realizado durante pesquisa foi o experimento de ensino conforme (COBB, 2000; STEFFE; THOMPSON, 2000) feito através de uma intervenção pedagógica em uma turma de primeiro ano do ensino médio do IFPI campus Parnaíba

A intervenção pedagógica esteve centrada nas seguintes características:

- sequência didática presente no Anexo D ;
- Aplicação de questionário de pré e pós teste;
- Prática pedagógica de acordo com os ciclos de modelagem descrita na seção 2.3.5;
- Uso da simulação *Force and Motion: Basics*, como recurso para realização de experimento;
- Uso de smartphone no suporte para realizar as atividades experimentais junto a simulação digital.

3.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática vai ser constituída de três encontros com a turma, com cada encontro tendo uma duração de duas horas. Cada encontro correspondera em uma etapa dos ciclos de modelagem conforme a figura 6.

✣ **Primeiro Encontro**:

- Aplicação do questionário de pré-teste;
- organização da turma em grupos colaborativos de até três membros;
- Visualização e familiarização com a simulação *Force and Motion: Basics*;
- Realização da prática experimental conforme os procedimentos descritos em roteiro.

✣ **Segundo Encontro**:

- Construção de modelos que descrevam a interpretação do grupo sobre os fenômenos observados durante o procedimento experimental;
- Exposição dos conteúdo de dinâmica com o foco nas três Leis de Newton, através do procedimento experimental e modelos criados pelos grupos.

✣ **Terceiro Encontro**:

- Construção de modelos utilizando os conceitos das leis de Newton;
- Reforço dos conceitos das três leis de Newton tendo como referência os modelos criados pelos grupos;
- Instrução de como resolver problemas relacionados as três leis de Newton e como fazer um diagrama de forças;
- Aplicação de Pós-teste.

3.2 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO DE PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

A questionário aplicado conteve 9 perguntas na versão pré teste e 10 perguntas na versão pós teste, com perguntas objetivas contendo 5 alternativas diferentes e subjetiva, além de sutil diferença entre as duas versões. As perguntas presentes no questionário foram retiradas do questionário FCI presente no trabalho de (HESTENES; WELLS, 1992), sendo os itens: $1°, 3°, 4°, 12°, 15°, 25°, 26°, 27°$. A qual, de acordo com estes pesquisadores, têm o objetivo de identificar pré-concepções dos estudantes acerca do assunto de introdutório de mecânica após passarem por instrução do assunto durante as aulas de Física. Os questionários estão no Anexo A e no Anexo B.

3.2.1 Questionário de Pré-teste

- **Primeira Questão**

  Assunto: Gravitação

  Pré-concepção: Objetos mais pesados caem mais rápido que objetos mais leves

  Alternativa Correta: C

- **Segunda Questão**

  Assunto: Gravitação

  Pré-concepção: Gravidade aumenta conforme objeto fica mais próximo do solo; peso é a mesma coisa de massa; pressão atmosférica auxília no movimento de queda dos objetos

  Alternativa Correta: C

- **Terceira Questão**

  Assunto: Terceira Lei de Newton

  Pré-concepção: Objetos maires causam mais forças que objetos menores

  Alternativa Correta: E

- **Quarta Questão**

  Assunto: Segunda Lei de Newton

  Pré-concepção: Perca de "ímpeto" durante o movimento do objeto

  Alternativa Correta: B

- **Quinta Questão**

  Assunto: Terceira Lei de Newton

  Pré-concepção: Parte mais "ativa" da interação exerce força maior

  Alternativa Correta: A

- **Sexta Questão**

  Assunto: Segunda Lei de Newton

  Pré-concepção: Movimento ocorre apenas quando a força atuante é maior que as forças de resistência

  Alternativa Correta: C

- **Sétima Questão**

  Assunto: Primeira Lei de Newton e Segunda Lei de Newton

  Pré-concepção: Movimento ocorre apenas quando a força atuante é maior que as forças de resistência

  Alternativa Correta: D

- **Oitava Questão**

  Assunto: Primeira Lei de Newton e Segunda Lei de Newton

  Pré-concepção: Força ativa, massa é responsável em fazer os objetos pararem

  Alternativa Correta: C

- **Nona Questão**

  Assunto: Primeira e Segunda Lei de Newton

  Questão subjetiva envolvendo a relação de força, massa e movimento.

3.2.2 Questionário de Pós-teste

As perguntas presentes no questionário de pós-teste são idênticas as perguntas do questionário de pré-teste, onde as únicas diferenças são nos itens: Primeira questão, quarta questão e uma questão adicional complementando a quinta questão inicialmente presente no pré-teste.

- Primeira Questão

  Assunto: Terceira Lei de Newton

  Pré-concepção: Influência da força resistiva atmosférica ao movimento de objetos

  Alternativa Correta: C

- Quarta Questão

  Assunto: Primeira e Terceira Lei de Newton

  Pré-concepção: Movimento de objetos dependem de uma "força ativa" ou "impulso"

  Alternativa Correta: B

- Sexta Questão(Complemento a Quinta Questão da lista)

  Pré-concepção: Parte mais "ativa" da interação exerce força maior

  Alternativa Correta: A

3.3 RECURSOS TECNOLÓGICOS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO UTILIZADOS

A simulação utilizada para o desenvolvimento das atividades experimentais foi a simulação *Force and Motion: Basics*, disponível na plataforma PHET. Ela pode ser acessada através deste link:$https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/forces-and-motion-basics$. O foco das atividades será no ambiente "movimento" desta simulação.

Figura 7 – Ambiente que será o foco das atividades

disponível em: $https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/forces-and-motion-basics$

As atividades da simulação foram feitas de acordo com o guia experimental(apêndice C). Devido a acessibilidade da simulação em *smartphones*, o uso deste dispositivo foi incorporado como um recurso didático para desenvolvimento das atividades de pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ATIVIDADES PRIMEIRO ENCONTRO

O primeiro contato com a turma, correspondeu a primeira parte do "ciclos de modelagem" e foi voltado a aplicação de um questionário, organização da turma em grupos colaborativos e atividade experimental. Após a introdução sobre o motivo da pesquisa estar sendo realizada, o questionário foi aplicado; a estimativa inicial de término do questionário era de 20 minutos, entretanto os estudantes demoraram 30 minutos em média para finalizar-lo.

Durante a aplicação do questionário foi notado a ligação enraizada dos alunos entre um questionário e uma avaliação. Mesmo a explicação anterior a aplicação do questionário enfatizar que este não se tratava de uma avaliação(portanto não valia nota), muitos dos alunos frequentemente perguntavam "o valor da nota do questionário?", "pode ir embora após finalizar?", o que endossa uma visão de avaliação para aquela atividade. Outro comportamento manifestado entre os estudantes durante a aplicação do questionário, foi o de perguntar para os colegas, ou para o professor-pesquisador a "resposta correta", embora fosse relatado para os estudantes anteriormente a aplicação do questionário, que todas as alternativas refletiriam numa "reposta correta" quando esta estivesse de acordo com o próprio raciocínio dele.

Alguns momentos da aplicação foram marcados por curtos debates onde ficou notável que alguns dos estudantes tinham contato prévio com a noção newtoniana de dinâmica. A primeira pergunta do questionário, relacionada ao movimento de queda livre com o seguinte enunciado:

"Duas bolas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As bolas são soltas do telhado de um prédio de um andar no mesmo instante. O tempo que as bolas levam para chegar ao solo abaixo será:"

Inspirou curta discussão sobre se deveria ser ou não considerada a resistência do ar. E alguns estudantes solicitaram auxílio do professor-pesquisador para elucidar um conceito prévio sobre a terceira lei de Newton no quinto problema da lista, além de apontarem para problemas com enunciados genéricos que podiam causar confusão.

Após o questionário a turma foi deslocada até um laboratório de informática para ter acesso a simulação na plataforma PHET. Todos os alunos tinham um *smartphone* capaz de acessar a simulação, mas devido a natureza estrutural do IFPI o pleno acesso a simulação só era possível em um laboratório de informática, portanto foi solicitado que a turma se deslocasse para o laboratório 4. Inicialmente no laboratório, foi solicitada a turma

para se organizarem em grupos colaborativos, resultando em cinco grupos com quantidade de membros variando de três à seis alunos; seguido a formação dos grupos, o roteiro experimental foi entregue para cada membro de cada grupo, e a atividade experimental teve início. No decorrer do procedimento experimental, foram observados dificuldade dos estudantes em acessar a simulação digital, entenderem a função do roteiro experimental e trabalharem de forma colaborativa para resolução dos passos do experimento.

O tempo disponível para realizar o procedimento experimental foi insuficiente , portanto foi solicitado como atividade para casa.

4.1.1 Discussão das Atividades no Primeiro Encontro

O primeiro contato com a turma foi importante para o professor-pesquisador se situar e ajustar a prática pedagógica em função das particularidades presentes. As particularidades que necessitaram modificação do plano de atividades inicial da pesquisa foram: Tempo de aula e organização da turma.

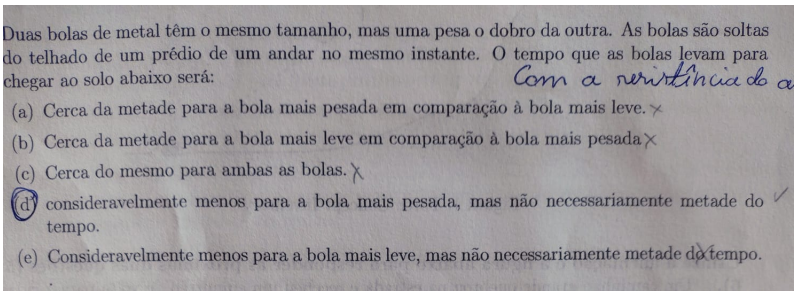
As aulas de Física eram feitas às sextas feiras com início às 10:20: e fim às 12:20, porém, o tempo necessário para todos os alunos estarem presentes na sala de aula era por volta de 10 minutos, resultando em no início real da aula às 10:30, adicionalmente os alunos precisavam sair às 12:00 devido ao transporte coletivo utilizado pela maioria, resultando em um horário de término real às 12:00, o que reduziu o tempo de desenvolvimentos didáticos da pesquisa para 1:30(uma hora e meia).

Os estudantes desta turma ainda demostraram um comportamento bem ativo em assuntos não relacionados a aula, sendo necessário constantes intervenções no sentido do foco ser retomado para realização das atividades, resultando em ainda mais redução de tempo útil para fazer as atividades.

Durante a aplicação do questionário, a manifestação de certas discussões sobre os problema do questionário foram recebidas com surpresa, já que inicialmente eu achava que os alunos iriam resolver o questionário de maneira “convencional” com pouca ou nenhuma interação. E já que a pesquisa segue uma análise de dados qualitativa, não achei problema do momento de resolução do questionário se tornar ferramenta para um momento para exposição das narrativas dos alunos em relação ao assunto de dinâmica. Para a discussão do primeiro problema do questionário, a pergunta tema foi: “É considerada a resistência do ar?”. Previamente, os alunos tinham estudado o conteúdo da cinemática, onde há uma dedicação para o movimento de queda-livre, tendo isso como base, procurei verificar se a origem desta pergunta estava baseada em uma noção de dinâmica, ou era derivada das aulas de cinemática com a pergunta: “Por que é importante definir se existe ou não resistência do ar?”. A resposta dos estudantes para esta pergunta estava repleta da sentença “porque neste caso a bola maior vai cair mais rápido”, com esta reposta persisti em contribuir para a discussão de forma socrática, respondendo novamente “por que?”;

a partir deste segundo "por que?", a discussão tomou um rumo caótico, onde os alunos buscava responder com analogias do dia a dia, evidenciando uma certa noção de dinâmica sem domínio satisfatório dos conceitos. Após a discussão, solicitei que eles incluíssem curtos comentários em suas respostas explicitando o raciocínio deles, onde ficou claro que eles viam a necessidade de diferenciar uma situação com ausência e sem ausência de resistência do ar, mas não viam a relação disso com a dinâmica:

Figura 8 – Resposta Primeira Questão do Questionário


Duas bolas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As bolas são soltas do telhado de um prédio de um andar no mesmo instante. O tempo que as bolas levam para chegar ao solo abaixo será: Com a resistência do ar

(a) Cerca da metade para a bola mais pesada em comparação à bola mais leve.

(b) Cerca da metade para a bola mais leve em comparação à bola mais pesada

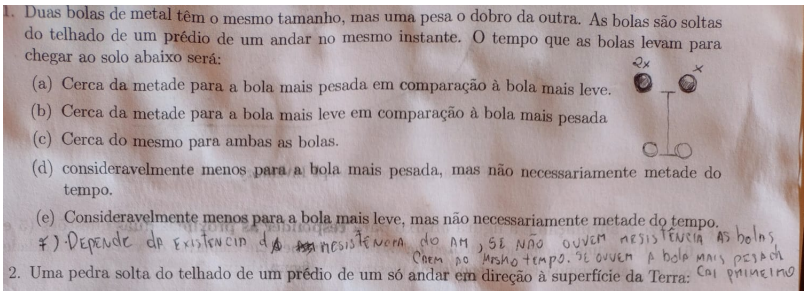
(c) Cerca do mesmo para ambas as bolas.

(d) consideravelmente menos para a bola mais pesada, mas não necessariamente metade do tempo.

(e) Consideravelmente menos para a bola mais leve, mas não necessariamente metade do tempo.

Fonte: Autor(2023)

Figura 9 – Resposta Primeira Questão do Questionário


1. Duas bolas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As bolas são soltas do telhado de um prédio de um andar no mesmo instante. O tempo que as bolas levam para chegar ao solo abaixo será:

(a) Cerca da metade para a bola mais pesada em comparação à bola mais leve.

(b) Cerca da metade para a bola mais leve em comparação à bola mais pesada

(c) Cerca do mesmo para ambas as bolas.

(d) consideravelmente menos para a bola mais pesada, mas não necessariamente metade do tempo.

(e) Consideravelmente menos para a bola mais leve, mas não necessariamente metade do tempo.

f) Depende da existencia da resistencia do ar, se não ouver resistencia as bolas caem ao mesmo tempo. se ouver a bola mais pesada

2. Uma pedra solta do telhado de um prédio de um só andar em direção à superfície da Terra: Cai primeiro

Fonte: Autor(2023)

Ainda fui bastante solicitado pelos alunos para elucidar enunciados aparentemente genéricos, onde toda intervenção minha pedi para incluírem breve comentário no motivo da resposta escolhida ser aquela.

A condução dos alunos para o laboratório foi um fenômeno a parte, pois no trânsito até lá alguns dos alunos presentes em sala já não se encontravam mais presentes. Este comportamento pode ser devido a nova dinâmica de aula mais minha presença como professor, já que estes alunos que escolheram se auto descontinuar da dinâmica apresentavam pouco interesse durante a primeira etapa(questionário). Porém, ao mesmo tempo, a mudança de ambiente se mostrou motivador para grande maioria dos alunos.

No começo da atividade experimental voltado para o acesso a simulação, alguns dos grupos tiveram certa dificuldade para acessar a simulação. Recebi esta dificuldade com surpresa, já que de acordo com (ARAÚJO et al., 2021) e experiência pessoal, os

estudantes têm um contato íntimo com os recursos TDIC's, dessa forma esta dificuldade inicial suscitou baixa vontade dos estudantes em desenvolver a atividade, embora eles estivessem animados de estarem no laboratório de informática.

Ao longo do procedimento experimental, a interação entre eu e os grupos envolvia explicar o guia experimental e verificar se os grupos estavam realizando a atividade, pois alguns deles acabavam acessando outros tipos de mídia (Jogos e vídeos) se desviando da atividade. Os problemas com o guia experimental, são totalmente explicados pela falta de experiência dos estudantes com este tipo de atividade, mas de forma geral não representou nenhuma dificuldade decisiva para o desandar da atividade. De maneira diferente, a falta de interação entre os membros do grupo foi um grande problema para a realização da prática, onde no máximo três membros dos grupos estavam visivelmente engajados em realizar a atividade. Frequentemente tive que intervir para estimular a participação de membros inativos, porém mesmo intervindo não conseguia faze-los participaram das atividades. As principais respostas para a falta de engajamento eram: "Depois eu faço professor" e "Eles(as) já tão fazendo professor". Mesmo quando os alunos confirmavam o início da participação do procedimento junto a seu grupo não adiantava, pois era nítido que eles não participavam.

O motivo da falta de interação entre os membros do grupo pode ser explicado em como os grupos foram formados. Os grupos foram criados dentro do laboratório de informática, ou seja, em um ambiente diferente da sala de aula que os alunos estão acostumados. Quando eles foram para o laboratório, o posicionamento adquiriu um novo formato, e quando foram se organizar em grupos resolveram ser mais rápidos possível, resultado em grupos onde poucos membros tinham prévia facilidade de interação entre si. Desta forma alguns dos membros do grupo se sentiam "excluídos" ou não ficavam confortáveis em interagir com os outros membros.

4.2 ATIVIDADES SEGUNDO ENCONTRO

O segundo encontro teve o objetivo performar a segunda etapa dos "ciclos de modelagem": Elaboração e apresentação dos modelos(sessão de whiteboard), e instrução do conteúdo das três leis de Newton em função dos modelos criados. Logo no início da aula foi percebido o surgimento de uma dificuldade para o pleno andamento da metodologia didática: A falta de alguns alunos. Para dar prosseguimento com as atividade do segundo encontro, de início, foi feita uma sondagem de quantos grupos finalizaram a prática experimental, e foi verificado que apenas dois dos cinco grupos criados anteriormente finalizaram a prática experimental, portanto parte do segundo encontro foi dedicado a finalização da prática experimental. Nesta ocasião, não foi necessária a locomoção até um laboratório de informática devido aos alunos conseguirem acessar a simulação pelo celular(Figura 10). Adicionalmente durante a sondagem dos grupos que fizeram as

atividades, foi verificado uma grande realocação de membros, fazendo que grupos novos fossem criados em relação aos criados no primeiro encontro.

Figura 10 – Finalização do procedimento experimental na sala de aula

Fonte: Autor(2023)

No intervalo voltado para os grupos finalizarem o procedimento experimental, para evitar a ociosidade dos dois grupos que já haviam finalizado esta atividade previamente, foi realizado uma exposição da próxima atividade que eles deveriam fazer. Em certo momento durante a exposição, a pergunta "A aceleração só pode ser gerada pela aplicação de uma força?" gerou um curto debate entre os alunos, onde a maioria das respostas foram afirmativas, porém as explicações que tentavam relacionar a ação da força e a alteração do movimento, não apresentavam a influência da massa, ao invés disso eles mencionavam o efeito do "peso" para o movimento, onde "a força deve ser maior que o peso do objeto para move-lo".

Após todos os grupos finalizarem o procedimento experimental, a turma foi conduzida até o laboratório de Física, devido a sua estrutura favorável para construção dos modelos. E também com a mudança de ambiente era esperada uma motivação maior dos estudantes na realização das próximas atividades(Figura 11).

Figura 11 – Uso do laboratório de Física para a etapa de construção dos modelos

Fonte: Autor(2023)

Dentro do laboratório de Física, o material para construção dos modelos foram entregues aos grupos: Uma cartolina e dois pincéis de cores diferentes. Os alunos foram livres para construir o modelo conforme desejavam, a única condição era a necessidade de apresentar algum tipo de desenho. Durante o processo de construção do modelo foi observado dificuldade dos grupos de como proceder para construí-los, que foi sanada após exposição dos recursos simbólicos que eles poderiam, e também os grupos foram instruídos a se basearem nos dados experimentais obtidos com o roteiro experimental.

Ao longo da construção do modelo, a falta de interação entre os membros dos grupos para realização de uma atividade foi novamente reproduzida, porém de forma mais amena, mostrando que a realocação de membros teve um resultado positivo para interação entre os membros do grupo. Os problemas de falta de interação eram reproduzidos na forma de, conversas não relacionadas ao assunto e inspeção de materiais e equipamentos do laboratório, e necessitava frequente intervenção do professor-pesquisador.

A etapa de construção dos modelos foi bastante interativa com os alunos, perguntas relacionadas em como poderiam converter os dados obtidos no experimento em um modelo foram bastante realizadas(Figuras 12 e figura 13). Porém ainda assim foi observado que alguns dos grupos estavam construindo modelos idênticos a modelos na internet relacionados as leis de Newton, antecipando a abordagem do assunto prevista para a próxima parte do assunto(Figura 22 e figura 24).

Figura 12 – Interação com os grupos colaborativos durante construção dos modelos

Fonte: Autor(2023)

Figura 13 – Interação com os grupos colaborativos durante construção dos modelos

Fonte: Autor(2023)

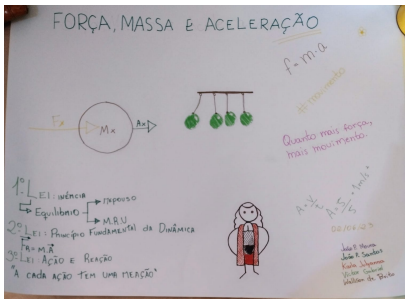
Devido ao tempo utilizado no início para finalização da prática experimental, não houve tempo o suficiente pós construção dos modelos para instrução das leis de Newton em função dos modelos criados pelos alunos. Para contornar este problema, foi marcada uma aula complementar em uma data que a turma tinha um horário vago.

A aula foi marcada no ultimo horário da turma, o que refletia em um tempo reduzido. Neste dia, algumas dificuldades para organização dos materiais didáticos da aula, projetor e computador, foram encontradas deixando o tempo ainda mais limitado.

No decorrer da aula, a noção da primeira lei de Newton foi exposta junto ao passo do item C do roteiro experimental(Anexo), onde a pergunta “Na ausência de força o movimento da caixa permanece constante?”, gerou um pequeno dialogo com a turma, sobre as condições para o movimento da caixa ser interrompido. No resto da exposição sempre os alunos afirmavam que estavam entendendo o assunto.

A aula foi finalizada com a solicitação da criação de um novo modelo levando em consideração as três Leis de Newton recém estudadas, para análise no próximo encontro, esta solicitação tive efeito diferentes entre os grupos, desde aceitar sumariamente a proposta a apresentar gestos de não gostarem de terem de fazer novamente. O grupo que teve acesso aos conceitos das três leis Newton em uma aula prévia, cujo modelo já continha conceitos Newtonianos do movimento, ficou confuso com a solicitação pois o modelo(Figura 21) criado por eles já continha as condições necessárias; foi explicado que o motivo era em razão da dinâmica da pesquisa conduzida.

Figura 14 – Produção com prévio contato com as três leis de Newton



Fonte: Autor(2023)

4.2.1 Discussão das Atividades no Segundo Encontro

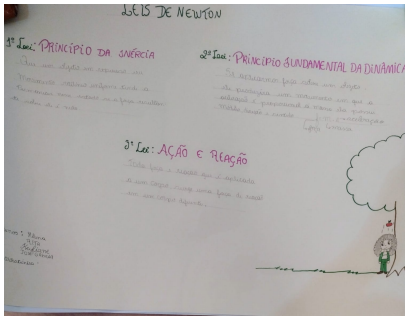
O segundo encontro daria início a produção dos modelos e as "sessões de white-board", constituindo uma etapa bem ativa para os estudantes. A percepção da ausência de alguns alunos comparado com o encontro anterior, e a baixa taxa de participação na resolução das atividades, já que de cinco grupos apenas dois haviam feito(abaixo 50%), mostrava a possibilidade de algum dos alunos não estarem tão interessados em realizar a prática, mesmo que esta valesse cinco pontos para a próxima avaliação. De forma contrária, a realocação dos membros de alguns grupos, feita sobre iniciativa dos próprios alunos demonstrava o interesse destes em desenvolver as atividades.

Dentre os materiais distribuídos aos grupos para construir os modelos(Cartolina e pincel), a cartolina serviu de "ambiente" para os modelos ficarem expostos; no trabalho de (WELLS; HESTENES; SWACKHAMER, 1995) o material para este fim é um pequeno quadro branco. A substituição do quadro branco por cartolina foi feito por motivos econômicos. A cartolina é capaz de oferecer uma superfície onde os alunos podem deixar expostas suas ideais através dos modelos de forma clara, entretanto é de forma estática, diferente de uma pequeno quadro brando onde os alunos poderiam formular e reformular suas ideias indefinidamente, portanto algo bem dinâmico, a cartolina só permitia a exposição de um ideia final. Mesmo com a cartolina os grupos se engajaram a completar a atividade, mas acredito que em posse de um pequeno quadro branco os alunos teriam mais motivação para construir os modelos.

O local escolhido para o desenvolvimento desta atividade foi o laboratório de Física; as mesas disponíveis no laboratório permitia um espaço melhor para a apoiar as cartolinas, desta forma a construção dos modelos ficaria mais simples.

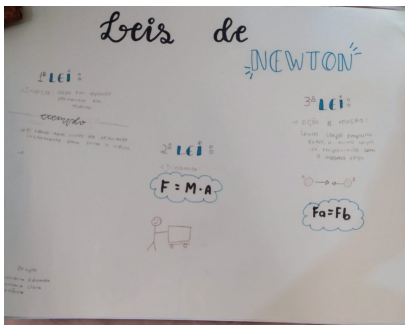
Observei que alguns dos grupos estavam construindo modelos idênticos aos modelos da internet(Figura 22 e figura 24) que incluíam a três leis de Newton, mesmo que não tenham visto o assunto; embora tenha alertado para eles que naquele momento gostaria da interpretação do grupo para os resultados do experimento sem utilizar as leis de Newton, os grupos que iniciaram a construção deste jeito continuaram. Embora esta prática poderia ser nociva para a dinâmica da metodologia, ela constituiu um reflexo de como estes grupos resolveram desenvolver esta atividade, já que minha intervenção inicial não estimulou uma mudança na condução de copiar literalmente um modelo da internet; desta forma, acredito que este contato inicial com as leis de Newton, serviu no mínimo como suporte para aprendizagem dos conceitos das três leis de Newton.

Figura 15 – Modelo retirado da internet



Fonte: Autor(2023)

Figura 16 – Modelo retirado da internet

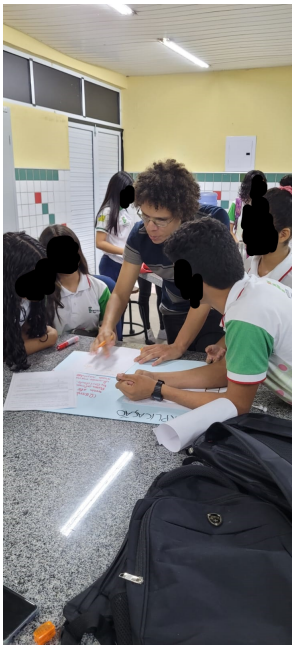


Fonte: Autor(2023)

Um dos grupos que estavam construindo o modelo, havia participado de uma aula sobre as leis de Newton alguns dias atrás a essa atividade no contexto de uma pesquisa realizada sobre o ensino do mesmo assunto. No modelo construído por este grupo, ficou notável a influência desta aula, mostrada na figura 21

No decorrer da construção dos modelos, foi perceptível um desenvolvimento inicial, por alguns grupos, do conceito presente na segunda lei de Newton, quando ao analisar os dados obtidos na parte II do roteiro experimental, identificaram a proporcionalidade da aceleração com a intensidade da força aplicada e sua desproporcionalidade com o valor da massa a ser movimentada. Embora os estudantes afirmarem ter notado esta relação, eles não conseguiam a modelar em termos matemáticos. Após uma analise junto aos membros deste grupo(Figura 17), sobre como esta relação de proporcionalidade e desproporcionalidade poderia ser convertida em termos matemáticos eles conseguiram obter uma formulação matemática coerente com a segunda lei de Newton (Figura 28).

Figura 17 – Analise junto a um grupo sobre dados da parte dois do roteiro



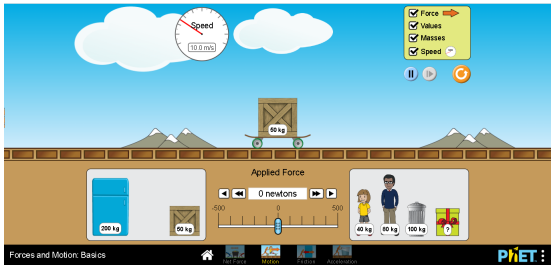
Fonte: Autor(2023)

Devido ao tempo reduzido não foi possível realizar a parte das apresentações do modelo naquela data, mas no final da aula os grupos no geral demonstraram estarem confiantes sobre os modelos desenvolvidos, respondendo a pergunta, “se desse tempo para apresentar vocês apresentariam numa boa?”, com afirmações confirmando estarem aptos. A solução para a falta de tempo foi marcar uma outra aula em um horário vago da turma na semana seguinte.

A aula marcada deveria suprir a outra parte da etapa dos ciclos de modelagem, a “sessão de whiteboard”, onde os grupos iriam expor as ideias presentes nos modelos criados. Porém, não foi possível de realizar esta parte de forma íntegra ao método proposto por (WELLS; HESTENES; SWACKHAMER, 1995). O motivo para inviabilidade de conduzir a metologia com todos os passos propostos no trabalho original dos ciclos de modelagem, foi o tempo disponível para realizar a pesquisa. O período letivo da disciplina não poderia

suportar todos os passos sem interferir em atividades essenciais a dinâmica de ensino como: prova e recuperação. Desta forma, optei por desenvolver uma aula que teve como referência os modelos criados pelos estudantes e a simulação usada para desenvolver o experimento. No decorrer desta aula, um diálogo envolvendo a lei da inércia em referência a simulação utilizada surgiu, sendo que um dos alunos serviu como interlocutor da turma, pois a maioria deles endossavam sua resposta com gestos positivos ou afirmações positiva. Com uma situação parecida com a figura 18 apresentada, podemos ver que a velocidade da caixa é 10m/s e não a nenhuma força sem exercida na caixa.

Figura 18 – Situação da lei de inércia



Fonte: Autor(2023)

O dialogo foi conduzido desta forma:

- Professor-pesquisador: A caixa vai se mover com essa velocidade pra sempre?
- Aluno: Não, professor. item Professor-pesquisador: Por que?
- Aluno: Porque pode ter um obstáculo ou uma subida no caminho.
- Professor-pesquisador: Qual a influência de uma subida ou um obstáculo no movimento?
- Aluno: Faz a caixa frear ou parar.
- Professor-pesquisador: Por que?
- Aluno: (...)

Ao final do diálogo o aluno não respondeu a última pergunta, embora só faltasse ele responder que a influência era devido a uma força contrária ao movimento. Neste diálogo, as respostas do aluno apresentaram situações onde haveria a presença de uma força para mudança de movimento da caixa, mesmo que não de forma explícita. Desta forma, é possível deduzir que houve assimilação conceitual da primeira lei de Newton, só faltando um aperfeiçoamento de vocabulário.

A reação negativa de alguns alunos a solicitação aparentou ter sofrido grande influência do horário da aula, já que se aproximava do momento de irem embora, porém o

maior motivo que pude observar foi a razão de ser “mais um trabalho”. Então, em parte, a dinâmica não conseguiu atribuir ludicidade o suficiente para ser animadora a alguns alunos, resultando em uma sensação de obrigação em “botar as mãos na massa”.

4.3 ATIVIDADES TERCEIRO ENCONTRO

O terceiro encontro marcou a etapa final dos ciclos de modelagem e a aplicação do questionário de pós teste. Este último encontro sofreu uma demora incomum para acontecer, quando comparado com os primeiros encontro, devido a feriados na mesma data. Esta demora não usual provocou um efeito claro nos alunos: Alguns não sabiam exatamente o que foi solicitado no final do segundo encontro. Os próprios alunos deram explicações adicionais: O período entre o segundo encontro e terceiro encontro, para além do feriado, chocou com os trabalhos de outras disciplinas e com período do evento esportivo do IFPI. Os grupos que haviam produzido o modelo incluindo os conceitos newtonianos, relataram que apesar da solicitação ter sido feito há duas semanas eles só tinham se engajado em produzir os modelos no dia anterior ao terceiro encontro.

Diante desta situação o professor-pesquisador, sugeriu aos grupos que não haviam construído os modelos o fizessem posterior ao término do terceiro encontro e enviassem uma foto deste por meio do aplicativo de mensagens *Whatsapp*. Para surpresa do professor-pesquisador, havia um grupo fazendo esta atividade na biblioteca, durante o início do primeiro encontro após negociação, foi permitido ao grupo finalizar o modelo em um ambiente exterior a sala de aula(biblioteca) desde que um prazo limite de 30 minutos fosse respeitado.

Um fato observável no início do terceiro encontro, foi a aleatoriedade da presença dos alunos na aula: Era perceptível a presença de alunos que não haviam aparecido no primeiro encontro e no segundo encontro. Essa descontinuidade dos estudantes em relação as etapas da prática metodológica dificultava bastante a interação deles na aula, sendo necessários esforços por parte do professor para eles não se sentirem excluídos da aula.

Após esses ajustes do período da entrega do segundo modelo, foi sugerido aos grupos que desenvolveram a atividade a apresentação do resultado, já que a maioria dos grupos demonstraram descontentamento com essa sugestão, embora estivessem dispostos a explicar de forma individual, o professor-pesquisador resolveu fazer uma revisão dos conceitos das leis de Newton nos moldes do segundo encontro: Utilizar os modelos criados como referência no conteúdo.

Durante a exposição do conteúdo, todos os segundos modelos construídos foram referenciados, uma parte importante deste momento foi quando um dos grupos, ao visualizar os modelos criados pelos grupos dos colegas, pediram permissão para criar um novo modelo. Ao perguntar o motivo do desejo do grupo em criar um novo modelo a resposta foi: “Vimos

uma forma de deixar ele melhor". .

A exposição do conteúdo não gerou discussões ou outro tipo de engajamento, porém ao término dela um grupo demonstrou interesse em apresentar o próprio modelo, para toda a turma em frente ao quadro. Isso gerou um engajamento assimétrico na turma, pois, os grupos que que haviam construído o modelo se sentiram motivados e se deslocaram para lugares próximos ao quadro, enquanto os alunos que não haviam participado das etapas anteriores dos ciclos de modelagem permaneceram em seus respectivos lugares.

A concentração dos estudantes próximo ao quadro restringiu o alcance da exposição das suas ideias, desta forma uma intervenção do professor-pesquisador foi realizada para diminuir esta restrição. Os apontamentos nos argumentos dos estudantes envolveram a leitura integral da definição das leis de Newton escrita nos próprios modelos. Fato observável importante de ressaltar, é o apontamento de uma estudante sobre a importância de manter as unidades do problema de acordo com o SI, e propor um problema para ser resolvido. O problema proposto envolvia encontrar a aceleração de um objeto com massa conhecida quando duas forças estão atuando sobre ele. A resolução do problema envolveu todos os alunos que haviam se deslocado para próximo do quadro, sendo a interação entre eles bastante notável ao longo da resolução.

Terminado a interação entre os alunos, o questionário de pós teste foi aplicado. A semelhança do questionário de pós-teste com o questionário de pré-teste, apareceu produzir um efeito desmotivacional aos estudantes para resolve-lo. E também foi observada uma pressa especial em resolver o questionário de pós-teste, já que essa era a ultima atividade da aula e eles iriam ter permissão para saírem da sala. A finalização do pós-teste marcou o final da pesquisa e os alunos foram permitidos a irem pra casa.

4.3.1 Discussão das Atividades do Terceiro Encontro

No começo do terceiro encontro fui surpreendido pela presença de alunos que não participaram de nenhuma das duas primeiras etapas. Vendo que conduzir a aula da forma planejada iria acabar excluindo estes alunos da aula busquei focar toda interação do conteúdo com eles, porém não pareceu ser o suficiente, pois frequentemente eles acabavam se desviando para alguma atividade fora do contexto da aula.

O esquecimento de alguns grupos sobre a construção e entrega do modelo contendo as informações sobre a leis de Newton, é compreensível quando o contexto escolar no geral é levado em conta. Os estudantes acabam se sobrecarregando com trabalhos de outras disciplinas, e a forma de gestão desta situação que a maioria deles empreendem é elaborar a atividade no dia anterior a data de entrega. Importante ressaltar o período de jogos escolares, este coincidiu com o período do trabalho solicitado. Essas condições resultaram em apenas dois grupos entregando o trabalho na data solicitada. Tendo em vista a situação dos estudantes, permiti que os outros grupos construíssem depois, sendo

necessário apenas enviar a foto do modelo criado via *Whatsapp*.

A negação implícita dos grupos, à minha solicitação de realizarem uma breve apresentação dos modelos criados, aparenta estar associada a uma indisposição dos grupos em apresentar para toda a turma, pois eles estavam confiantes em apresentar os modelos individualmente para mim. Assim, a opção de fazer um reforço dos conceitos Newtonianos com modelos criados pelos grupos pareceu a opção mais natural para o prosseguimento daquela aula.

A exposição dos conteúdos por si só não causaram uma grande comoção na turma, porém ela estar ancorada nos modelos desenvolvidos pelos grupos, pareceu ser o diferencial para um dos grupos demonstrarem o interesse de criar um novo modelo mais elaborado, e o resto dos grupos se deslocarem para próximo ao quadro e iniciar a resolução de um problema. (HESTENES; WELLS, 1992), apresenta este efeito durante a sessão de *whiteboard*, e reforça que este momento de compartilhamento visual entre os modelos criados em sala são extremamente importante para motivação dos grupos em melhorarem os próprios modelos, o que de fato foi observado. A assimetria de engajamento relatada, é resultado direto da ausência de parte da turma nas etapas iniciais dos ciclos de modelagem.

A reação de aversão para resolver o questionário de pós-teste devido sua semelhança com o pré-teste, aparenta ter origem na percepção dos estudantes de acabarem fazendo uma atividade repetida, portanto desnecessária. Também deve ser levada em conta a possibilidade de uma permissão sumária para deixarem a sala de aula.

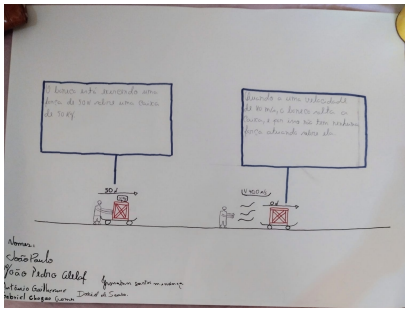
4.4 DISCUSSÃO DOS MODELOS PRODUZIDOS

A construção dos modelos é uma das partes fundamentais da metodologia proposta por (WELLS; HESTENES; SWACKHAMER, 1995), nela os estudantes projetam o modelo mental criado por eles para explicar o fenômeno em estudo, sendo de responsabilidade do professor conduzir um debate ou exposição, que seja capaz de fazer estes modelos dos alunos adquirirem características do modelo científico disponível na literatura.

4.4.1 Modelo do Grupo 1

O modelo inicial do grupo 1 foi o seguinte:

Figura 19 – Modelo inicial grupo 1

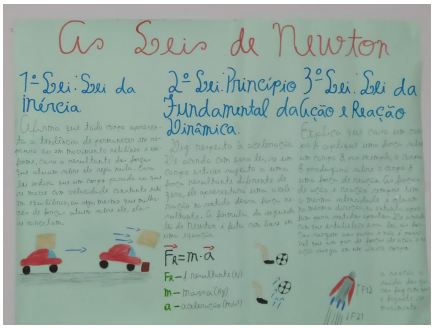


Fonte: Autor(2023)

O modelo(figura 19) apresenta uma constatação, não aparentando a tentativa em interpretar o fenômeno do experimento, porém pelo texto escrito os estudantes poderiam ter chegado a uma conclusão semelhante a lei da inércia caso eles estivessem estendido a análise. A estagnação da análise pode estar vinculada ao ineditismo da atividade, já que a grande maioria dos grupos sentiram dificuldades em desenvolver inicialmente.

No término dos encontros o último modelo produzido pelo grupo 1 foi:

Figura 20 – Modelo final do grupo 1



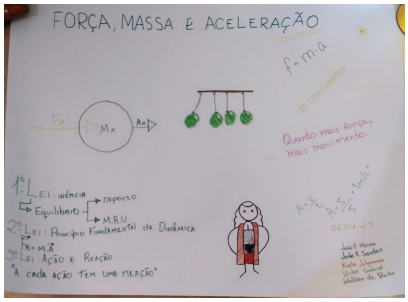
Fonte: Autor(2023)

O modelo final do grupo 1, contem grande exposição das três leis de Newton. Embora não faça menção ao ambiente simulação, o qual o experimento foi feito, apresenta os conceitos que foram objetivo de estudo durante a prática metodológica. Há um salto gigante de informações e símbolos utilizados entre o modelo inicial e o modelo final, entretanto seria ingênuo associar essa grande mudança apenas ao método utilizado, tendo em vista que este grupo pôde desenvolver o modelo posterior a prática, pois ele estava entre os grupos que no terceiro encontro não haviam feito. Ainda assim, essa adição de mais conceitos no ultimo modelo indica um esforço pelo grupo para fazer uma exposição minuciosa dos conceitos das três Leis de Newton.

4.4.2 Modelo do grupo 2

O grupo 2, foi o grupo onde os membros haviam tido contato prévio do assunto sobre as três leis de Newton, devido a participação de uma aula alternativa anterior a data da construção do modelo.

Figura 21 – Modelo do grupo 2



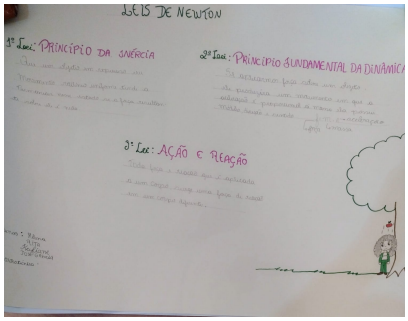
Fonte: Autor(2023)

Os alunos deste grupo, expuseram os conceitos das três leis de Newton de forma interativa e completa. Embora algumas partes poderiam ser melhoradas como a sentença "Quanto mais força mais movimento", os alunos não se sentiram motivados a criar um segundo modelo. A influência da aula prévia, aparenta ter sido grande, e também é digno de nota que os membros deste grupo estavam entre os mais participativos durante a condução das atividades.

4.4.3 Modelo Grupo 3

O desenvolvimento inicial do grupo 3 foi:

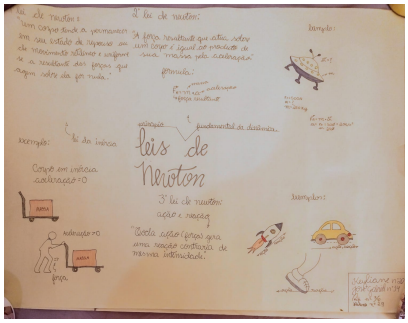
Figura 22 – Modelo retirado da internet



Fonte: Autor(2023)

Este grupo estava copiando de forma interina um modelo disponível na internet, o que explica a falta de qualquer menção ao ambiente da simulação, significando que os conceitos nele não refletiram numa tentativa de interpretar o experimento realizado dentro da simulação

Figura 23 – Modelo final grupo 3



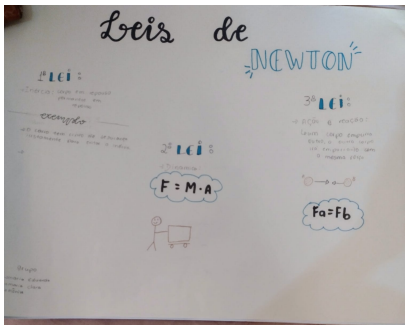
Fonte: Autor(2023)

Este último modelo do grupo 3, é uma grande melhoria em relação ao primeiro, apresentando o conceitos por meio de texto e desenho. Embora esteja excelente em relação a exposição dos conceitos das três leis de Newton estudadas, há grande chance deste modelo não refletir os modelos mentais dos alunos, visto da chance de cópia idêntica na internet. Mas ainda assim, demonstra o cuidado em fazer uma exposição dos assuntos.

4.4.4 Modelo grupo 4

O grupo 4 se baseou fortemente em um modelo da internet no desenvolvimento do seu primeiro modelo:

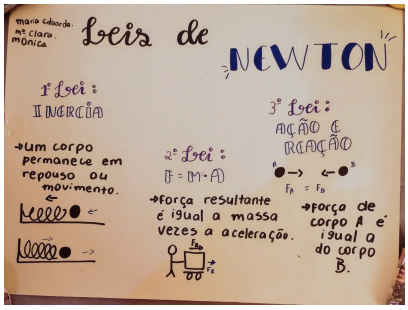
Figura 24 – Modelo inicial grupo 4



Fonte: Autor(2023)

Este modelo apresenta uma menção sutil ao ambiente do experimento, e contêm de forma tímida os conceitos das três leis de Newton. Foi relembrado a eles que nesse modelo inicial não era necessário a presença do conceito das três leis de Newton, porém foi permitido que eles continuassem a construção dessa forma.

Figura 25 – Modelo final do grupo 4



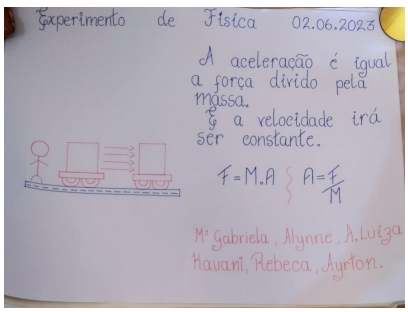
Fonte: Autor(2023)

Neste segundo modelo o grupo continuou a não se estender tanto na exposição das três leis de Newton, e focaram em deixar o aspecto visual mais receptivo aos olhos. Digno de nota é que este grupo ao visualizar os modelos do outros colegas, pediram para criar outro, isto significa que ao se depararem com modelos mais detalhados, o grupo ficou motivado a desenvolver um modelo melhor. De acordo com (WELLS; HESTENES; SWACKHAMER, 1995), este seria um dos benefícios de fazer as construções dos modelos na sala.

4.4.5 Modelo grupo 5

A produção inicial do grupo 5 está na figura a seguir:

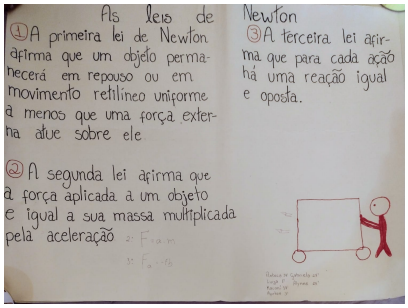
Figura 26 – Modelo inicial do grupo 5



Fonte: Autor(2023)

O modelo do grupo 5 tenta fazer uma interpretação do fenômeno estudado, porém não aparenta estar de acordo com os dados. A sentença “E a velocidade irá ser constante” não está inserida em um contexto que possa se assemelhar a primeira lei de Newton.

Figura 27 – Modelo final do grupo 5



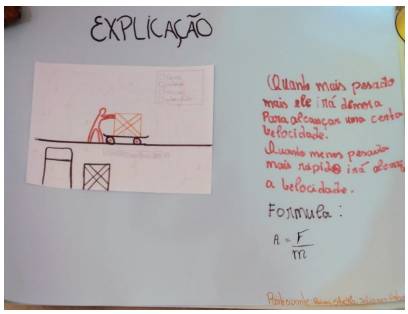
Fonte: Autor(2023)

O modelo final do grupo 5, apresenta mais texto para descrever as três leis de Newton. A presença tímida de desenhos e símbolos matemáticos, descrevem um contexto de urgência no momento da elaboração deste modelo. Este resultado aponta como consequência a tentativa de fazer o modelo de forma muito rápida.

4.4.6 Modelo do grupo 6

A figura 28 descreve o modelo construido pelo grupo 6

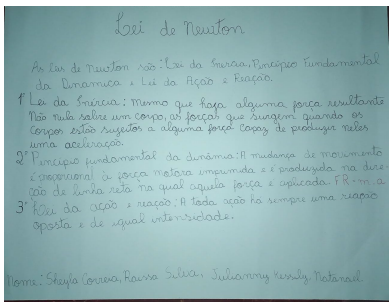
Figura 28 – Modelo inicial do grupo 6



Fonte: Autor(2023)

Este é o único modelo que faz menção a segunda parte do roteiro experimental, quando a comparação entre força, aceleração e massa é feita. Após ver que a explicação deles estava correta, ajudei a complementar convertendo a sentença escrita em termos matemáticos.

Figura 29 – Modelo Final do grupo 6



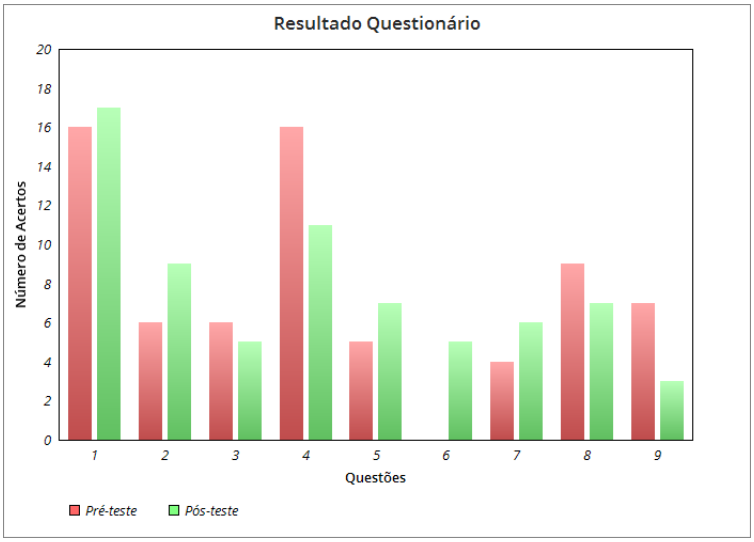
Fonte: Autor(2023)

O modelo final do grupo 6 infelizmente apresenta apenas texto, sem incluir desenho e símbolos matemáticos que estava presente no modelo inicial. Essa inversão de símbolos pode estar associada a pressa e urgência para entregar o modelo.

4.5 DESEMPENHO QUESTIONÁRIOS PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

O resultado do questionário feito pelos estudantes está explicitado no seguinte gráfico.

Figura 30 – Resultados Pré-teste e Pós-teste



Fonte: Autor(2023)

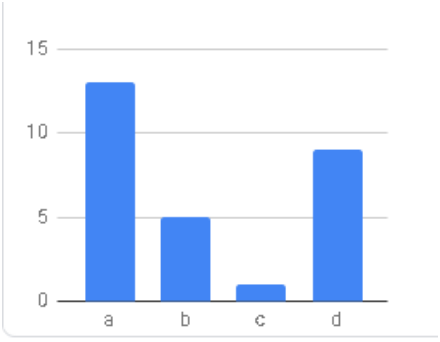
A figura acima ilustra uma situação onde não a diferença de acerto entre o questionário de pré-teste e questionário de pós-teste, é extremamente baixa. Fazendo a análise a partir do ganho normalizado de aprendizagem proposto por (HAKE, 1998):

$$g = \frac{(\%pós) - (\%pré)}{(100\%) - (\%pré)} \tag{4.1}$$

Resulta que $g \approx 2\%$; na métrica de (HAKE, 1998), os alunos estariam dentro de um ganho baixo, $0 \leq g \leq 30\%$. As perguntas do questionário foram retiradas em sua maioria do FCI (HESTENES; WELLS, 1992), que tem como objetivo apontar as pré concepções não newtonianas entre os alunos após instrução. Embora que individualmente, um acréscimo de respostas corretas em alguns problemas é observado(Questões: $2°, 5°, 7°$), fica notável a diminuição de respostas corretas em outros problemas(Questões:$3°, 8°, 9°$). As questões, $1°, 4°$ têm diferença conceitual no enunciado então a comparação direta entre o acerto dos alunos não têm coerência, porém é possível avaliar a a diminuição de acerto nos problemas, $8°e9°$. O enunciado destes problemas dá continuidade a uma situação exposta no problema $7°$, onde o objetivo é descrever o que ocorre com o movimento da caixa após imprimir o dobro da força anterior(questão $8°$) e após deixar de exercer uma força na caixa (Questão $9°$).

A distribuição de respostas dos alunos na questão 8 é descrita pela figura 31:

Figura 31 – Resposta questão 8 pré teste



Fonte: Autor(2023)

A alternativa mais selecionada A tem como enunciando:

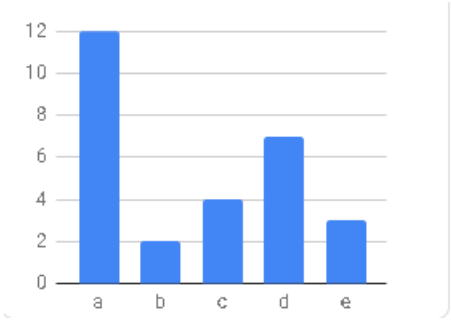
- "Com uma velocidade constante que é o dobro da velocidade v_0 da pergunta anterior".

E o item correto D, foi o segundo mais selecionado, com enunciado:

- Por um tempo com uma velocidade crescente, depois com uma velocidade constante a partir daí

Em relação ao pós-teste, a distribuição de alternativas foi:

Figura 32 – Resposta questão 8 pós-teste

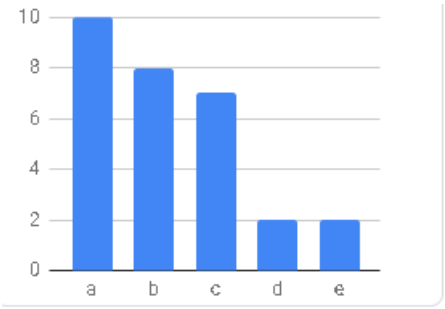


Fonte: Autor(2023)

Comparando ao pré-teste é perceptível a mudança no padrão de respostas, com uma maior diversidade de alternativas sendo escolhidas, embora a escolha da alternativa correta tenha diminuído.

Para o caso da questão 9, as alternativas do pré-teste estão presentes na figura 33

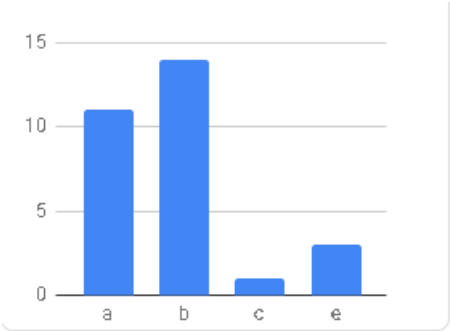
Figura 33 – Resposta questão 9 pré-teste



Fonte: Autor(2023)

Já no pós-teste a distribuição é descrita a seguir:

Figura 34 – Resposta questão 9 pós-teste



Fonte: Autor(2023)

A questão 9, trata de uma situação onde uma força que movimenta uma caixa é interrompida subitamente. A alternativa correta para esta pergunta continha o seguinte

enunciado:

- "Começa a desacelerar imediatamente."

Porém, no pós-teste a alternativa que se sobre saiu foi a B de enunciado:

- "Continua se movendo a uma velocidade constante por um tempo e depois para de se mover."

Estes resultados refletem certa persistência dos conceitos nãos Newtonianos nos estudantes, mesmo após instrução e modelagem.

4.6 DISCUSSÃO: QUESTIONÁRIO X EXPERIMENTO DE ENSINO

Desde o começo da intervenção pedagógica, tive imenso zelo pelas demandas dos estudantes, deixando o planejamento inicial a disposição de modificações em diversos aspectos; o único caráter imutável foi a criação dos modelos, já que a ausência da "sessão de whiteboard" a metodologia ficaria descaracterizada (WELLS; HESTENES; SWACKHAMER, 1995; HESTENES, 2015; BELCHER, 2010). Tive este cuidado para estimular a participação dos alunos nas atividades a serem desenvolvidas. Entretanto alguns aspectos da sala de aula dificultava a plena aplicação da metologia, como tempo de aula, dificuldade dos alunos trabalharem em grupo, inconsistência da presença de alguns estudantes na sala de aula e a participação nas atividades.

O resultado do questionário de pré-teste e pós-teste, expõem uma situação onde os conceitos newtonianos não foram assimilados já que não foi notável nenhuma diferença apreciável entre o pré-teste e pós-teste, porém a partir de (HENDERSON, 2002), o resultado do questionário de FCI pode apresentar inconsistências, a depender do contexto de aplicação dos questionários. A possibilidade dos estudantes não terem respondido o questionário de maneira séria é alto. O pós-teste foi a última atividade passada para a turma, sendo aplicado na última aula, durante a observação foi notável a pressa dos estudantes em resolver o questionário para poderem ir embora. Logo, resultado do questionário, não pode ser explicado apenas como "os estudantes não assimilaram os conceitos das três Leis de Newton", sendo necessário, portanto, o complemento de todo o contexto ambiental e social da sala de aula observadas durante o experimento de ensino; então a observação e o questionário tem a capacidade de complementarem um ao outro para entender a interação entre metodologia didática e a turma.

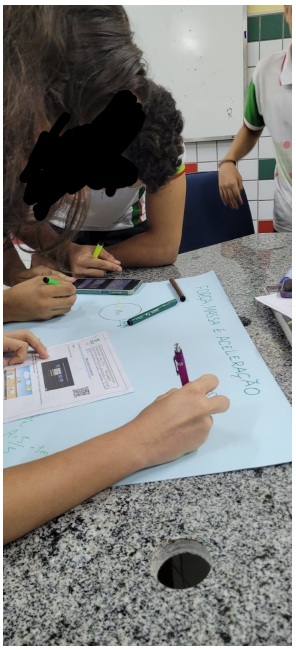
A descrição e discussão das atividades desenvolvidas durante cada um dos encontros feita anteriormente, ilustram uma sala de aula extremamente dinâmica, dificultando a implementação de atividades lineares, como: modelo inicial ao modelo final, pré-teste

e pós-teste. Esta dificuldade alterou a forma como a metodologia foi implementada, influenciando as interações dos alunos com as atividades propostas.

Ao contrário dos resultados do questionário, as observações da interação entre a turma e as atividades, feitas anteriormente, apontam para discussões em volta dos conceitos das leis de Newton, onde os estudantes apresentaram assimilação dos conceitos da dinâmica newtoniana, sendo notável apenas a falta de vocabulário para explicitar os conceitos de maneira contundente.

Então, embora os estudantes tenham apresentado narrativas que concordam com os conceitos das leis de Newton, a sua assimilação não ficou nítida de forma quantitativa nos questionários. Essa divergência aponta para diferença de estimulo entre a aplicação do questionário e a exposição do conteúdo em função dos modelos criados pelos alunos. A exposição foi capaz de estimular os alunos a participarem da aula através da exposição das suas ideias, o questionário, para maioria dos alunos, não causou estímulo o suficiente para os alunos resolverem de maneira séria. Na possibilidade de seguir a risca o metodologia pedagógica, os ciclos de modelagem poderiam ser repetidos até o desempenho quantitativo desejado ser alcançado.

Figura 35 – Criação de modelo dentro do laboratório de Física



Fonte: Autor(2023)

4.7 DIFICULDADES NA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA

Alguns dados relatados nas observações se impõem como desafio para implementação dos ciclos de modelagem: Tempo, engajamento e frequência. No primeiro encontro da aplicação da metodologia, o problema do tempo ficou nítido quando foi percebido que

para todos os alunos estarem dentro da sala demorava em média 10 minutos, e também que todos eles só poderiam permanecer em sala de aula até às 12:00. O cenário desta sala exigiu imediata modificação na metodologia de pesquisa, pois para se manter no cronograma inicial foi necessário passar algumas etapas dos ciclos de modelagem como atividade para casa.

A falta de engajamento em algumas etapas compromete o andamento da metodologia pedagógica, pois toda ela é construída sobre uma premissa de aprendizagem ativa, portanto os estudantes devem participar; do contrário, as etapas dos ciclos não podem ser concluídas e o resultado é a estagnação. No decorrer da prática, a frequência dos estudantes na aula, gerava um novo problema para a aplicação da metodologia, já que quando o estudante fica ausente em uma etapa dos ciclos de modelagem, ele se desloca do resto da turma.

Portanto, o tempo se torna o principal obstáculo para implementação da metodologia, pois numa situação com mais tempo outros obstáculos poderiam ser sanados. Os alunos ausentes poderiam formar um grupo e ser se realocarem em uma etapa dos ciclos de modelagens diferente do resto da turma e quando houver um baixo desempenho dos estudantes em uma avaliação de aprendizagem os ciclos de modelagens poderia ser repetidos até que o grau de desempenho desejado seja alcançado.

5 CONCLUSÃO

O contexto do ensino de Física atual, requer abordagens pedagógicas que vão além do uso exclusivo do quadro branco e pincel; ao invés de estimular a memorização de formulas e manipulações matemáticas, deve estimular o processo de investigação e trabalho colaborativo.

Neste trabalho, o uso da metodologia pedagógica, "ciclos de modelagem", proporcionou um contexto de trabalho investigativo e colaborativo, na turma do primeiro ano eletrotécnico do IFPI Parnaíba. Apesar das evidentes dificuldades em relação ao tempo disponível para as atividades serem desempenhadas: Tempo total de aula reduzido devido a organização da turma e necessidade de irem embora mais cedo por causa do transporte, número de encontros para pesquisa limitados para não atrapalhar o curso natural da disciplina e frequentes intervenções em sala para retornar o foco dos estudantes as atividades; as sessões de "whiteboard", conseguiram oferecer momentos estimulantes o suficiente para os estudantes exporem suas ideias através de curtas discussões sobre o tema.

Uma parte fundamental de aplicação dos ciclos de modelagem é o procedimento experimental, onde o fenômeno a ser investigado é visualizado. Com esta pesquisa foi possível confirmar a viabilidade de uma simulação digital como alternativa a um laboratório físico, pois os grupos colaborativos conseguiram prosseguir pelas etapas dos ciclos de modelagem, após procedimento experimental feito dentro da simulação *Force and Motion: Basics*, disponível na plataforma PHET.

Embora os resultados quantitativos não evidenciem um benefício claro para implementação dos ciclos de modelagem, a análise qualitativa derivada do experimento de ensino, destacam momentos importantes para a aprendizagem como, discussões em relação assunto estudado.

Portanto, esta pesquisa esclarece que o ciclos de modelagem como prática pedagógica para o ensino das três leis de Newton para turmas do primeiro ano do ensino médio, é recurso de ensino ativo viável para o ensino deste conteúdo, embora fatores como, tempo, presença aleatória dos estudantes, dificuldade em trabalhar de forma colaborativa e baixo interesse em realizar as atividades propostas, posam como dificuldades para o desempenho da aprendizagem dos alunos com esta metodologia.

REFERÊNCIAS

ADEYEMO, S. A. The impact of information and communication technology (ict) on teaching and learning of physics. *Society of Education*, 2010. ISSN 0976-4089. Disponível em: <http://www.soeagra.com>.

AGUIAR, M. D.; SOUZA, M. A história do ensino de física no brasil: Problemas e desafios. *VI Congresso Nacional de Educação*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, 2019.

ALMEIDA, T. G. S.; OLIVEIRA, A. S. S. de. Artigo original estratÉgias didÁticas para o uso das tdic nos anos iniciais do ensino fundamental patrícia do nascimento teaching strategies for the use of tdic in the first years of fundamental education. 2016. ISSN 2358-4750.

ALMEIDA, T. G. S.; OLIVEIRA, A. S. S. de. Artigo original estratÉgias didÁticas para o uso das tdic nos anos iniciais do ensino fundamental patrícia do nascimento teaching strategies for the use of tdic in the first years of fundamental education. 2021. ISSN 2358-4750.

ARAÚJO, E. S. et al. O uso de simuladores virtuais educacionais e as possibilidades do phet para a aprendizagem de física no ensino fundamental. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, Cruzeiro do Sul Educacional, v. 12, p. 1–25, 5 2021. Disponível em: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/509/5092220023/5092220023.pdf>.

BELCHER, N. T. Modeling instruction in ap physics c: Mechanics and electricity and magnetism. University of South Carolina, 2010.

BEZERRA et al. A evolução do ensino da física – perspectiva docente. *SCIENTIA PLENA*, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, 2009.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 2002.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 2 de julho de 2023.

BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. 1996. Lei nº 9.394/96. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>.

BRASIL. Pcn+ensino médio: Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: Ciências da natureza matemática e suas tecnologias: Física. *Ministério da Educação*, MEC, 2002b.

CARVALHO, A. M. P.; AL et. Ensino de física. coleção ideias em ação. *Cengage Learning*, Cengage Learning, 2010.

COBB, P. Conducting teaching experiments in collaboration with teachers. *Handbook of research design in mathematics and science education*, ERIC, p. 307–335, 2000.

CONSTANTINI, B. Experimentação investigativa no ensino de física. Encontro Mineiro Sobre Investigação na Escola, 2018.

DARLING, D. *Gravity's Arc: The Story of Gravity from Aristotle to Einstein and Beyond*. Wiley, 2006. ISBN 9780471785743. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=tfRp9FkYmccC>.

DESBIAN, D. Modeling discourse management compared to other classroom management styles in university physics. *Dissertation (Doctor of Philosophy)*, Arizona State University Arizona, 2002.

FROTA-PESSOA, O.; GEVERTZ, R.; SILVA, A. da. *Como ensinar ciências*. Companhia Editora Nacional, 1975. (Atualidades pedagogicas). Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=-9RcAAAAMAAJ>.

GASPAR. Cinqüenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. *XV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste,*, Anais Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 1995.

GERMANO, C. O ensino da conservaÇÃo de energia mecÂnica mediada pelo uso de metodologias ativas de aprendizagem. *Tese de Mestrado*, UFRGS, 2018.

GRUPO, D. R. D. E. D. Física. física 1: Mecânica/gref. *São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo*, 1999.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, American Association of Physics Teachers (AAPT), v. 66, p. 64–74, 1 1998. ISSN 0002-9505.

HALLIDAY ROBERT RESNICK, J. W. D. *Fundamentals of Physics: Extended*. 11. ed. [S.l.]: Wiley, 2018. ISBN 9781119460138; 1119460131.

HENDERSON, C. Common concerns about the force concept inventory. *The Physics Teacher*, American Association of Physics Teachers (AAPT), v. 40, p. 542–547, 12 2002. ISSN 0031-921X.

HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, American Association of Physics Teachers, 1987.

HESTENES, D. Notes for a modeling theory of science, cognition and instruction. Proceedings of the 2006 GIREP Conference, 2006.

HESTENES, D. Modeling theory and modeling instruction for stem education. epiSTEME 6 international conference, 2015.

HESTENES, D.; WELLS, M. A mechanics baseline test. *The physics teacher*, American Association of Physics Teachers, v. 30, n. 3, p. 159–166, 1992.

JUNIOR, W. N. C. et al. Metodologia investigativa: aplicação do método para laboratórios de ensino de física da ufu. Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

KRASILCHIK, M.; (BRAZIL), P. N. B. do P. *O professor e o currículo das ciências*. Editora Pedagógica e Universitária, 1987. (Temas básicos de educação e ensino). ISBN 9788512305103. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=_stcAAAAMAAJ>.

Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. 2017. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em 2 de julho de 2023.

MOREIRA. Ensino de física no brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Sociedade Brasileira de Física, 2000.

MOREIRA, L. M. B. Experimentos de baixo custo no ensino de mecânica para o ensino médio. *Tese de Mestrado*, UFRPE, 2018.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Sobre a base nacional comum curricular (bncc) eo ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 33, n. 2, p. 327–332, 2016.

NASCIMENTO; MIZUKAMI; REALI. Pressupostos para a formação crítico-reflexiva de professores de ciências na sociedade do conhecimento. *Teorização de práticas pedagógicas: escola, universidade, pesquisa.*, UdUFSCar, 2009.

NUSSENZVEIG, H. *Curso de física básica: Mecânica (vol.1)*. Blucher, 2013. (1). ISBN 9788521207467. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=dtWsDwAAQBAJ>.

OTERO, V. K.; MELTZER, D. E. The past and future of physics education reform. *Physics Today*, v. 70, n. 5, p. 50–56, 2017.

PERDIGãO, D.; IPOLITO, M. Z. Cem anos de histÓria do ensino de fÍsica no brasil pela anÁlise de livros didÁticos. *Revista Univap*, v. 27, n. 56, out. 2021. Disponível em: <https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2502>.

PHET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics. *The Physics Teacher*, American Association of Physics Teachers (AAPT), v. 44, p. 18–23, 1 2006. ISSN 0031-921X.

PILLETI. *História da Educação*. [S.l.]: Ática, 1989. ISBN 978-8508035625.

SILVA, C. M. dos S.; ROMEU, M. C.; BARROSO, M. C. da S. *Uso de simulações computacionais em aulas de Física: uma Revisão Sistemática de Literatura-RSL Use of Computer Simulations in Physics Classes: A Systematic Literature Review-RSL Uso de simulaciones por computadora en las clases de Física: una revisión sistemática de la literatura-RSL*. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12664>.

SILVA, J.; LEAL, C. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. *Revista Brasileiro Ensino de Física*, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2017.

SNEF. I simpósio nacional sobre o ensino de física. *Snef*, 1970.

SOUZA, E.; SANTO, A. Um olhar sobre a teoria da modelagem no ensino de física. *XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

STEFFE, L. P.; THOMPSON, P. W. Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. *Handbook of research design in mathematics and science education*, p. 267–306, 2000.

THAGARD, P. Cognitive science. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2020 Edition)*, Edward N. Zalta, 2020.

University of Colorado Boulder. *PHET Simulations*. Acesso em 2023. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/>.

WEAD. Aims and methods of the teaching of physics. *Circulars of Information of the Bureau of Education,*, Government Printing Office, 1884.

WELLS, M.; HESTENES, D.; SWACKHAMER, G. A modeling method for high school physics instruction. *American journal of physics*, American Association of Physics Teachers, v. 63, n. 7, p. 606–619, 1995.

YOUNG, H.; FREEDMAN, R. *University Physics with Modern Physics, Loose-Leaf Edition*. Pearson Education, 2019. (MasteringPhysics Series). ISBN 9780135205013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=XKQIxwEACAAJ>.

YOUNG, H. D. et al. *Sears amp; Zemansky's university physics*. [S.l.]: Pearson Higher Education, 2020.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PRÉ-TESTE

INSTITUTO FEDERAL Piauí Campus Parnaíba	**IFPI** **Campus Parnaíba**
	Disciplina: Física **Data:**
	Aluno(a):
	QUESTIONÁRIO DE PRÉ-TESTE

1. Duas bolas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As bolas são soltas do telhado de um prédio de um andar no mesmo instante. O tempo que as bolas levam para chegar ao solo abaixo será:
   (a) Cerca da metade para a bola mais pesada em comparação à bola mais leve.
   (b) Cerca da metade para a bola mais leve em comparação à bola mais pesada
   (c) Cerca do mesmo para ambas as bolas.
   (d) consideravelmente menos para a bola mais pesada, mas não necessariamente metade do tempo.
   (e) Consideravelmente menos para a bola mais leve, mas não necessariamente metade do tempo.
   .

2. Uma pedra solta do telhado de um prédio de um só andar em direção à superfície da Terra:
   (a) Atinge uma velocidade máxima pouco tempo após a soltura e então cai a uma velocidade constante daí em diante.
   (b) Acelera à medida que cai porque a atração gravitacional fica consideravelmente mais forte à medida que a pedra se aproxima da Terra.
   (c) Acelera devido a uma força quase constante da gravidade atuando sobre ela.
   (d) Cai devido à tendência natural de todos os objetos de repousar na superfície da Terra.
   (e) Cai devido aos efeitos combinados da força da gravidade empurrando-a para baixo e da força do ar empurrando-a para baixo.

3. Durante uma colisão frontal entre um caminhão grande e um carro compacto:
   (a) O caminhão exerce uma quantidade maior de força sobre o carro do que o carro exerce sobre o caminhão.
   (b) O carro exerce uma quantidade maior de força sobre o caminhão do que o caminhão exerce sobre o carro.
   (c) Nenhum dos dois exerce força sobre o outro, o carro é esmagado simplesmente por estar no caminho do caminhão.
   (d) O caminhão exerce uma força sobre o carro, mas o carro não exerce força sobre o caminhão.
   (e) O caminhão exerce a mesma quantidade de força sobre o carro que o carro exerce sobre o caminhão.

4. Uma bola é disparada por um canhão do topo de um penhasco, como mostrado abaixo. Qual dos caminhos 1-5 seria o mais próximo que a bola de canhão seguiria?

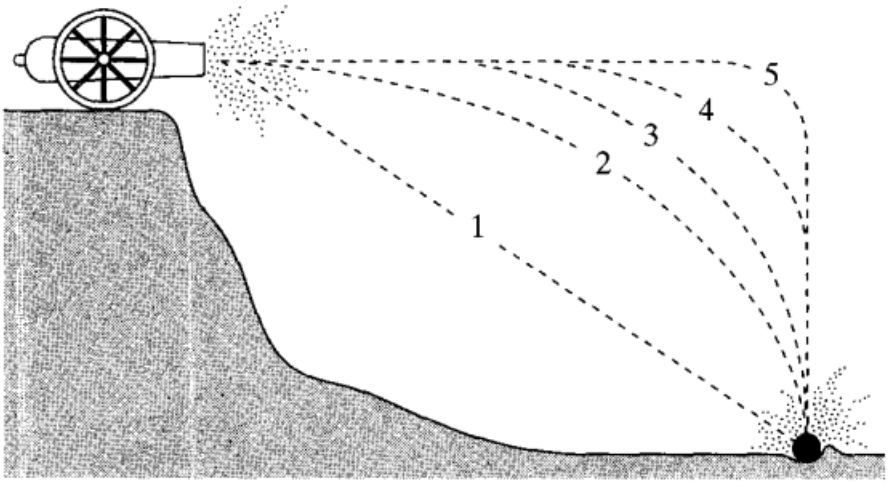


Figura 1: Force Concept Inventory

Utilize a afirmação e a figura abaixo para responder as próximas duas questões (5 e 6). "Um caminhão grande quebrou na estrada e recebeu um empurrão de volta para a cidade por um carro compacto pequeno, como mostrado na figura abaixo. "

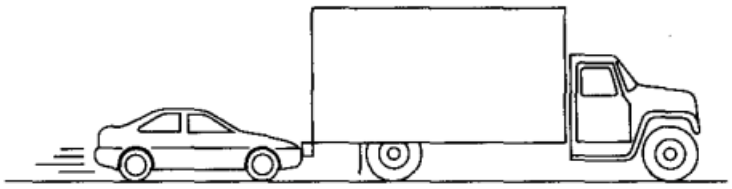


Figura 2: Force Concept Inventory

5. Durante o momento em que o carro, ainda empurrando o caminhão, está acelerando para atingir a velocidade máxima.
   (a) A quantidade de força com que o carro empurra o caminhão é igual àquela com que o caminhão empurra de volta o carro.
   (b) A quantidade de força com que o carro empurra o caminhão é menor do que aquela com que o caminhão empurra de volta o carro.
   (c) A quantidade de força com que o carro empurra o caminhão é maior do que aquela com que o caminhão empurra de volta o carro.
   (d) O motor do carro está funcionando para que o carro empurre o caminhão, mas o motor do caminhão não está funcionando, então o caminhão não pode empurrar de volta o carro. O caminhão é empurrado para a frente simplesmente porque está no caminho do carro.
   (e) Nem o carro nem o caminhão exercem qualquer força sobre o outro. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.
6. Depois que o carro atinge a velocidade máxima constante desejada pelo motorista para empurrar o caminhão.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE PÓS-TESTE

INSTITUTO FEDERAL Piauí Campus Parnaíba	**IFPI** **Campus Parnaíba**
	Disciplina: Física **Data:**
	Aluno(a):
	QUESTIONÁRIO DE PÓS-TESTE

1. Duas esferas de metal têm o mesmo tamanho, mas uma pesa o dobro da outra. As bolas são soltas do telhado de um prédio de um andar no mesmo instante. Qual das alternativas abaixo você concorda que explica melhor quando a atmosfera (resistência do ar) é levada em conta sobre duas bolas:
   (a) A atmosfera aplica uma força nas duas esferas, porém pela terceira lei de Newton, as esferas aplicam uma força de igual intensidade na atmosfera, fazendo a força total ser zero.
   (b) De acordo com a terceira Lei de Newton a atmosfera aplica uma força de resistência nas esferas, porém a esfera mais pesada sofre uma força menor que a esfera menos pesada.
   (c) De acordo com a terceira Lei de Newton a atmosfera aplica uma força de resistência nas esferas, porém a bola mais pesada sofre uma força maior que a esfera menos pesada.
   (d) Na verdade não faz diferença ter ou não atmosfera, porque sua influência no movimento de queda das esferas é muito pequeno por causa do tamanho das delas.
   (e) A atmosfera junto com a gravidade, imprimem força nas duas esferas, esse resultado se refletindo no movimento de queda livre.

2. Uma pedra solta do telhado de um prédio de um só andar em direção à superfície da Terra:
   (a) Atinge uma velocidade máxima pouco tempo após a soltura e então cai a uma velocidade constante daí em diante.
   (b) Acelera à medida que cai porque a atração gravitacional fica consideravelmente mais forte à medida que a pedra se aproxima da Terra.
   (c) Acelera devido a uma força quase constante da gravidade atuando sobre ela.
   (d) Cai devido à tendência natural de todos os objetos de repousar na superfície da Terra.
   (e) Cai devido aos efeitos combinados da força da gravidade empurrando-a para baixo e da força do ar empurrando-a para baixo.

3. Durante uma colisão frontal entre um caminhão grande e um carro compacto:
   (a) O caminhão exerce uma quantidade maior de força sobre o carro do que o carro exerce sobre o caminhão.
   (b) O carro exerce uma quantidade maior de força sobre o caminhão do que o caminhão exerce sobre o carro.
   (c) Nenhum dos dois exerce força sobre o outro, o carro é esmagado simplesmente por estar no caminho do caminhão.
   (d) O caminhão exerce uma força sobre o carro, mas o carro não exerce força sobre o caminhão.
   (e) O caminhão exerce a mesma quantidade de força sobre o carro que o carro exerce sobre o caminhão.

4. Quais das atividades a seguir você seria capaz de fazer em um mundo onde não existe atrito? explique o motivo.
   (a) Jogar bola.

(b) Dançar.

(c) Andar de bicicleta.

(d) Caminhar.

(e) Jogar queimada

Utilize a afirmação e a figura abaixo para responder as próximas duas questões (5 e 6). "Um caminhão grande quebrou na estrada e recebeu um empurrão de volta para a cidade por um carro compacto pequeno, como mostrado na figura abaixo. "

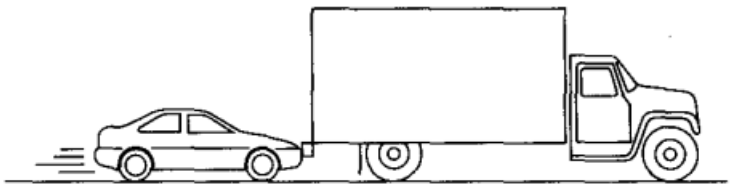


Figura 1: Force Concept Inventory

5. Durante o momento em que o carro, ainda empurrando o caminhão, está acelerando para atingir a velocidade máxima.

   (a) A quantidade de força com que o carro empurra o caminhão é igual àquela com que o caminhão empurra de volta o carro.

   (b) A quantidade de força com que o carro empurra o caminhão é menor do que aquela com que o caminhão empurra de volta o carro.

   (c) A quantidade de força com que o carro empurra o caminhão é maior do que aquela com que o caminhão empurra de volta o carro.

   (d) O motor do carro está funcionando para que o carro empurre o caminhão, mas o motor do caminhão não está funcionando, então o caminhão não pode empurrar de volta o carro. O caminhão é empurrado para a frente simplesmente porque está no caminho do carro.

   (e) Nem o carro nem o caminhão exercem qualquer força sobre o outro. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.

6. Depois que o carro atinge a velocidade máxima constante desejada pelo motorista para empurrar o caminhão.

   (a) A quantidade de força com que o carro empurra o caminhão é igual à que o caminhão empurra de volta no carro.

   (b) A quantidade de força com que o carro empurra o caminhão é menor do que a que o caminhão empurra de volta no carro.

   (c) A quantidade de força com que o carro empurra o caminhão é maior do que a que o caminhão empurra de volta no carro.

   (d) O motor do carro está funcionando, então o carro empurra o caminhão, mas o motor do caminhão não está funcionando, então o caminhão não pode empurrar de volta no carro. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.

   (e) Nem o carro nem o caminhão exercem qualquer força sobre o outro. O caminhão é empurrado para frente simplesmente porque está no caminho do carro.

APÊNDICE C – ROTEIRO EXPERIMENTAL

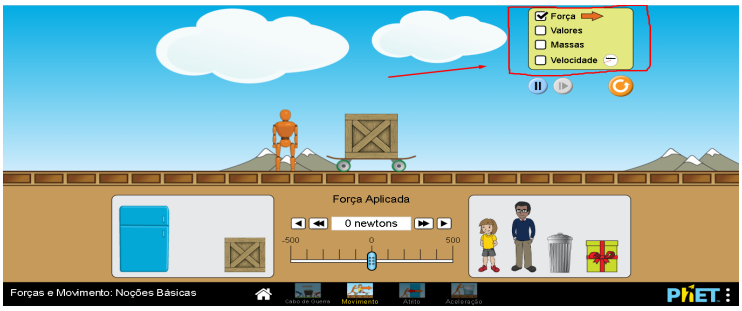
FORÇA, MASSA E ACELERAÇÃO

Para acessar: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/forces-and-motion-basics

Parte I

Selecione a janela “Movimento”:

Deixe os quadrados inscritos com “Força”, “Valores”, “Massa” e “Velocidade” marcados! (Vamos chamar esses quadrados de “Caixa de dados” a partir de agora):



a. Aplique uma força de 50 N à direita da caixa. De preferência utilize os termos de Física aprendidos na aula de cinemática, para descrever o movimento realizado pela caixa (velocidade, aceleração, deslocamento). Mencione o velocímetro disponível na simulação na sua resposta.

b. Resete o cenário (lembre-se de marcar as caixas de dados) . Utilize a função de pausar , e aplique uma força de 50 N à direita da caixa. Em seguida use a função continuar . Acompanhe o movimento da caixa durante 10 segundos, pause novamente e remova a força. Ao usar a função continuar descreva o movimento da caixa, usando o velocímetro da simulação.

   i. A caixa irá manter esse movimento constante para sempre? Discuta essa pergunta com todos os membros do grupo.

c. Agora pause a simulação e aplique uma força de 50 N à esquerda da caixa, em seguida dê continuidade a simulação. Qual a forma de movimento da caixa?

d. Com o passo do item “c”, a caixa interrompe o movimento. O que teve que ser feito para a caixa parar de se mover?.

e. Após os passos experimentais acima, o que vocês acham da relação entre força e movimento?

QUESTÃO PARA GUIAR O MODELO: Explique se a afirmação a seguir é verdadeira ou falsa: “Um objeto em repouso permanece em repouso(sem movimento em relação a um referencial inercial), e um objeto em movimento constante permanece em movimento constante, até que sofra a influência de alguma força”

Parte II

a. Resete a simulação, marque todas as caixas de dados, remova a caixa e coloque a lata de lixo em cima do skate. Aplique uma força de 50 N à direta da lata e acompanhe o tempo necessário para ela alcançar a velocidade máxima(O velocímetro indicará 40 m/s). Refaça o experimento, agora aplicando forças de 100 N e 200 N. Anote os valores na tabela:

Força Aplicada (N)	Tempo Para Velocidade Máxima (s)
50	
100	
200	

b. Resete a simulação e marque todas as caixas de dados. Aplique uma força de 200 N à direita da caixa. Acompanhe o tempo necessário para a caixa alcançar a velocidade máxima. Repita o processo com: duas caixas(100kg), uma caixa e uma lata de lixo(150kg) e uma geladeira(200kg). Anote os valores na tabela:

Objeto – Massa (kg)	Tempo Para Velocidade Máxima (s)
50	
100	
150	
200	

QUESTÃO PARA GUIAR O MODELO: Como você acha que a Força, Massa e Aceleração se relacionam?

APÊNDICE D – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Sequência Didática Ciclos de Modelagem com PHET

Dados de Identificação	
Professores:	Alexandre Reis Da Costa
Turma;	1° Eletrotécnico IFPI Campus Parnaíba
Disciplina:	Física
Tema:	Dinâmica
Duração	Três encontros de 2 horas cada

1 Conteúdo Programático

- Apresentar os objetivos e conteúdos da pesquisa para a turma em estudo;
- Aplicação de questionário de pré teste;
- Criar grupos colaborativos;
- Apresentar a simulação *Force and Motion: Basic Concepts* disponível na plataforma PHET;
- Realizar procedimento experimental utilizando a simulação *Force and Motion: Basics*;
- Aplicar sessão de *whiteboard* de acordo com os ciclos de modelagem;
- Exposição do conteúdo conceitual sobre as três Leis de Newton, tendo como referência o procedimento experimental e os modelos desenvolvidos pelos estudantes durante a sessão de *whiteboard*;
- Segunda sessão de *whiteboard* com os estudantes;
- Aplicação do questionário de pós-teste.

2 Habilidades BNCC

- (EM13CNT101): Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos. recursos naturais.
- (EM13CNT204): Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.

3 Tempo da Sequência Didática

- Três encontros com 2 horas de duração cada.

4 Materiais Necessários para a Sequência Didática

- Marcador para Quadro Branco;

- Quadro branco;
- Apagador;
- Datashow;
- Roteiro Experimental;
- Notebook/Smartphone
- Rede wifi com Acesso a Internet;
- Questionário.

5 Primeiro Encontro

5.1 Organização da Turma

- A turma será organizada em grupos colaborativos de no máximo 3 membros.

5.2 Introdução

A parte inicial do primeiro encontro será voltada para apresentação da prática que seguirá nas próximas semanas e fazer uma breve menção sobre a importância das simulações no estudo da Física e do conteúdo da dinâmica.

5.3 Desenvolvimento

- Aplicação do questionário de pré-teste;
- organização da turma em grupos colaborativos de até três membros;
- Visualização e familiarização com a simulação *Force and Motion: Basics*;
- Realização da prática experimental conforme os procedimentos descritos em roteiro.

5.4 Conclusão

O desfecho do primeiro encontro será o término da prática experimental como atividade de casa para os grupos da turma.

5.5 Avaliação

Os alunos serão avaliados mediando participação ativa na atividades propostas no primeiro encontro, e da forma de participação em grupo.

6 Segundo Encontro

6.1 Organização da Turma

Os alunos seguirão com a organização feita no primeiro encontro

6.2 Introdução

O início do segundo será dedicado a verificação do término do procedimento experimental pelos grupos. Caso seja necessário, esta parte do encontro servirá para a conclusão do experimento pendente pelos grupos.

6.3 Desenvolvimento

- Construção de modelos que descrevam a interpretação do grupo sobre os fenômenos observados durante o procedimento experimental;
- Exposição dos conteúdo de dinâmica com o foco nas três Leis de Newton, através do procedimento experimental e modelos criados pelos grupos.

6.4 Conclusão

O segundo encontro será concluído com atividade de casa para alunos. Eles deverão construir novos modelos utilizando as três leis de Newton junto com as sugestões de modificação nos modelos criados antes da exposição do conteúdo da Dinâmica.

6.5 Avaliação

Os alunos serão avaliados mediando participação ativa na atividades propostas no primeiro encontro, e da forma de participação em grupo.

7 Terceiro Encontro

7.1 Organização da Turma

A turma seguirá a organização conforme os dois encontros feitos previamente

7.2 Introdução

O início do encontro terá como objetivo verificar os modelos criados pelos alunos pós exposição dos conceitos das três Leis de Newton

7.3 Desenvolvimento

- Reforço dos conceitos das três leis de Newton tendo como referência os modelos criados pelos grupos;
- Instrução de como resolver problemas relacionados as três leis de Newton e como fazer um diagrama de forças
- Aplicação de Pós-teste

7.4 Conclusão

O último encontro será finalizado com o recolhimento do questionário de pós-teste respondido pelos alunos, seguido de agradecimento e curta sondagem da opinião dos estudantes sobre as atividades desenvolvidas.

7.5 Avaliação

Os alunos serão avaliados mediando participação ativa na atividades propostas no primeiro encontro, e da forma de participação em grupo.