



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE FÍSICA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA**

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**CONCEITOS DE FÍSICA POR MEIO DO LANÇAMENTO DE
FOGUETES DE GARRAFA PET: UMA PROPOSTA DE
TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA NO ENSINO MÉDIO**

MARCOS ANTONIO DA SILVA

**BRASÍLIA
2015**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE FÍSICA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA**

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**CONCEITOS DE FÍSICA POR MEIO DO LANÇAMENTO DE
FOGUETES DE GARRAFA PET: UMA PROPOSTA DE
TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA NO ENSINO MÉDIO**

MARCOS ANTONIO DA SILVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), sob a orientação do Prof. Dr. José Leonardo Ferreira a ser apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica”.

**BRASÍLIA
2015**

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCOS ANTONIO DA SILVA

CONCEITOS DE FÍSICA POR MEIO DO LANÇAMENTO DE FOGUETES DE GARRAFA PET: UMA PROPOSTA DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA NO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica” pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

Aprovada por,

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Leonardo Ferreira
(Presidente)

Prof.^a Dr.^a Vanessa Carvalho de Andrade
(Membro interno vinculado ao programa – IF/UnB)

Prof. Dr. Paulo Eduardo de Brito
(Membro interno não vinculado ao programa – FUP/UnB)

Prof. Dr. Elton Anderson Santos de Castro
(Membro externo – UEG)

FICHA CATOLOGRÁFICA

Silva, Marcos Antonio da
SM321c Conceitos de Física por meio do lançamento de foguetes de garrafa PET: uma proposta de Transposição Didática no Ensino Médio / Marcos Antonio da Silva; orientador José Leonardo Ferreira. -- Brasília, 2015. 120 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Física) --
Universidade de Brasília, 2015.

1. Ensino de Física. 2. Experimentação. 3. Transposição Didática. I. Ferreira, José Leonardo , orient. II. Título..

Dedico este trabalho à minha esposa Andrea, que sempre esteve presente, contribuindo e sendo compreensiva em minhas longas horas de trabalho; aos meus filhos Marcos Vinícius, Luiz Gustavo, Carina e Isabela por me alegrarem nas horas tensas de trabalho. Agradeço à minha família, em especial à minha mãe e à minha irmã, que sempre me incentivaram nos estudos. Agradeço também aos meus amigos pelo apoio e, por fim, ao meu orientador José Leonardo Ferreira, que teve uma participação decisiva para a realização e conclusão desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo suporte financeiro.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela idealização do MNPEF.

Ao Instituto de Física da UnB.

A todos os meus professores que fizeram parte da minha vida escolar, em especial à minha professora Dete pela alfabetização.

À Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima Verdeaux pelo esforço e dedicação na coordenação do MNPEF – UnB

Aos queridos colegas do MNPEF - UnB, em especial aos Mestres Leandro Vaz e Rendisley pela grande ajuda no fechamento dessa dissertação.

À minha amiga e colega Andreia Lelis pela ajuda, incentivo e contribuição nas discussões teóricas.

Aos meus alunos do curso de Química – UEG – Formosa que são fontes inspiradoras para que eu continue buscando mais conhecimento na minha prática de sala de aula como professor.

Aos meus colegas da UEG – Formosa pelo incentivo e ajuda, em especial Eleandro Philippsen e Juliana Bottechia pela ajuda e contribuições valiosas.

Aos meus colegas de trabalho do CED 01 e CEM 02 de Planaltina/DF

Ao meu orientador, o Prof. Dr. José Leonardo Ferreira pela importante participação na criação do Programa AEB-Escola, que permitiu não só o desenvolvimento de objetivos interativos como foguetes de garrafa PET, mas também de várias outras práticas interativas e também por ter participado da criação da Olimpíada Brasileira de Foguetes – OBFOG.

Aos meus amigos do Programa AEB-Escola pela amizade e pelos longos anos de divulgação científica.

Ao meu amigo Welles Pimentel pela ajuda na revisão do texto.

Eu sou o eu do eu mesmo.

*E só sou o eu do eu mesmo quando exerço
minha liberdade que embora restrita, me
permite ver o mundo de uma forma diferente;
me permite contemplar a natureza; me
permite ser eu mesmo.*

(Eu, por mim mesmo)

*“Tenho comigo, seis servos leais (que me
ensinaram tudo o que aprendi): os seis
nomes são: O QUE, POR QUE, QUANDO,
COMO, ONDE e QUEM.”*

(Rudyard Kipling)

*“Acho que o quintal onde a gente brincou é
maior do que a cidade. A gente só descobre
isso depois de grande. A gente descobre que
o tamanho das coisas há que ser medido pela
intimidade que temos com as coisas. Há de
ser como acontece com o amor. Assim, as
pedrinhas do nosso quintal são sempre
maiores do que as outras pedras do mundo.
Justo pelo motivo da intimidade”.*

(Manuel de Barros)

RESUMO

SILVA, Marcos Antonio. **Conceitos de Física por meio do lançamento de foguetes de garrafa PET: uma proposta de transposição didática no ensino médio**. 2015. 111 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília – Brasília/DF, 2015.

Neste trabalho apresentamos os resultados de uma pesquisa realizada em sala de aula com estudantes da terceira série do ensino médio acerca do uso de foguetes de garrafa PET¹ como forma de transposição didática de conceitos de Física. A proposta de transposição didática foi elaborada tendo como ferramenta atividades experimentais investigativas em sala de aula de maneira contextualizada e interdisciplinar dos conteúdos abordados. Para analisar os resultados aplicamos três avaliações no sentido de verificar os aspectos quantitativos e qualitativos dos estudantes em relação a metodologia aplicada. Na avaliação quantitativa utilizamos uma análise de covariância para tratamento dos dados e, para avaliação qualitativa, elaboramos um questionário com itens na escala Likert e submetemos os dados a um tratamento que facilitasse obter o grau de concordância para os itens da pesquisa. Como resultado desse trabalho, deixamos um produto educacional com uma sequência didática para que o professor possa aplicar essa metodologia em sala de aula.

Palavras-chaves: Ensino de Física. Experimentação. Transposição Didática.

¹ Politereftalato de etileno (comumente conhecido como PET) é um polímero termoplástico da família dos poliésteres, utilizado principalmente na forma de fibras para tecelagem e de embalagens para bebidas.

ABSTRACT

SILVA, Marcos Antonio. Physical Concepts by launching PET bottle rocket: a proposal of didactic transposition in high school. 2015. Thesis (MS) - University of Brasilia - Brasilia / DF, 2015.

In this work, we present the results of a survey conducted in the classroom with students of the third year of high school about the use of bottle rockets PET¹ as a means of didactic transposition of the concepts of physics. The proposal of didactic transposition elaborated as a tool investigative experimental activity in the classroom so interdisciplinary contextualized and of the contents studied. To analyze the results, we apply three evaluations in order to verify the quantitative and qualitative aspects of the contents regarding the methodology applied. In the quantitative assessment, we used a covariance analysis to processing of data and for qualitative assessment, we applied a questionnaire with Likert items and this data to a treatment that would facilitate obtaining the degree of agreement to survey of the items. As a result of this work, we leave an educational product with a didactic sequence so that the teacher can apply this methodology in the classroom.

Keywords: Physics teaching, experimentation, Didactic Transposition.

¹ Polyethylene terephthalate (sometimes written poly(ethylene terephthalate), commonly abbreviated PET), is a thermoplastic polymer resin of the polyester family and is used in synthetic fibers and as beverages bottles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista da escola	35
Figura 2: Vista da escola	35
Figura 3: Laboratório Seco	35
Figura 4: Interior do Laboratório Seco.....	35
Figura 5: Carrinho foguete e o foguete de garrafa PET.....	39
Figura 6: Experimento com a seringa.....	41
Figura 7: Determinação do centro de pressão	43
Figura 8: Oficina de construção do foguete de garrafa PET – Turma de Controle....	44
Figura 9: Oficina de construção do foguete de garrafa PET – Turma Experimental.	44
Figura 10: Lançamento de foguetes – Turma Experimental.....	45
Figura 11: Lançamento de foguetes – Turma de Controle	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação das atividades experimentais	22
Quadro 2: Número de estudantes por turma	36
Quadro 3: Grau de concordância da proposição.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Médias gerais do pré-teste	49
Tabela 2: Médias gerais do pós-teste	49
Tabela 3: Médias gerais ajustadas do pós-teste	49
Tabela 4: Valores das médias ajustadas do pré e pós-teste	50
Tabela 5: Itens Likert – Turma de controle	54
Tabela 6: Itens Likert – Turma experimental	54

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1. O ENSINO DE FÍSICA E A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO.....	17
1.1. Ensino de Física	17
1.2. Experimentação no ensino de Física	20
2. A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E O ENSINO DE FÍSICA.....	24
2.1. Transposição Didática	24
2.1.1. A noção de noosfera	25
2.1.2. Esferas do saber	26
2.1.3. Características da transposição didática	27
2.1.4. As regras da transposição didática	28
2.2. Transposição didática, interdisciplinaridade e contextualização.....	30
2.3. A transposição didática no ensino de Física	31
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E APLICAÇÃO	34
3.1. Caracterização da escola	34
3.2. Perfil dos estudantes	36
3.3. Etapas da pesquisa	37
3.4. Desenvolvimento da metodologia	38
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	47
4.1. Coleta de dados.....	47
4.2. Análise do pré e do pós-teste	47
4.3. Análise do questionário com itens na escala Likert	53
4.4. Análise do questionário dissertativo	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS.....	64
APÊNDICE A: Pré e pós-teste.....	68
APÊNDICE B: Questionário com itens na escala Likert	72
APÊNDICE C: Questionário dissertativo.....	73
APÊNDICE D: Seleção de repostas da questão 6 do questionário dissertativo – Turma de Controle.....	74
APÊNDICE E: Seleção de repostas da questão 6 do questionário dissertativo – Turma Experimental	75
APÊNDICE F: Termo de uso de imagem	76
APÊNDICE G: Produto Educacional Gerado	77

INTRODUÇÃO

Ao analisarmos os conteúdos de Física nos currículos escolares do Ensino Médio, percebemos o distanciamento entre aquilo que se ensina e a realidade fora da sala de aula. Esse distanciamento entre os conteúdos presentes na escola e a vivência dos estudantes contribui para a estigmatização da Física como uma disciplina muito difícil, pois os saberes presentes na escola são desatualizados e carentes de significação. A excessiva matematização da Física em sala de aula também é um fator determinante para essa falta de significado, visto que esse procedimento não colabora com a aprendizagem de conceitos e não favorece os aspectos qualitativos do ensino de Física. Outro fator que contribui nesse sentido é a falta de experimentação na escola, seja por falta de estruturas de laboratórios, seja por falta de propostas que incorporem a experimentação como método de investigação, simulação ou, até mesmo, de verificação.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias estabelecem as competências e habilidades a serem desenvolvidas no ensino de Física (BRASIL, 1999, p. 23). Essas competências abrangem: a representação e a comunicação para que o estudante utilize de forma apropriada o modelo e a linguagem física; a investigação e compreensão como forma de compreender o mundo à sua volta e desenvolver habilidades de investigação; e, por fim, contextualização sociocultural que permite a visão da Física como uma das formas de representação da cultura humana.

Para que as competências e habilidades estabelecidas nos PCNs sejam desenvolvidas, é necessária uma mudança de postura dentro das escolas em termos de proposta pedagógica. O excesso de aulas expositivas, centradas no professor e descontextualizadas só reforçam a ideia dos estudantes de que a Física é difícil e sem sentido. Essa mudança de postura necessita de um professor autônomo (ALMEIDA, 1992) que seja capaz de analisar situações e propor ações no sentido de mudar a estrutura de referência dos conteúdos dentro da sala de aula; que seja capaz de alinhar a aula teórica com a experimentação; e, também, que seja capaz de perceber

as necessidades dos estudantes de compreender o mundo à sua volta e proponha ações e condições de concretização da contextualização dos conteúdos.

A experimentação, feita de maneira a atender às necessidades de aprendizagem dos estudantes, exerce papel fundamental para que esse professor autônomo consiga aliar teoria e prática por meio de atividades investigativas (AZEVEDO, 2010).

A transposição didática surge nesse cenário como uma proposta de contornar as lacunas nos currículos escolares. A transposição didática permite que o saber da esfera científica (Saber Sábio) seja transformado (transposto) e levado à esfera do saber presente nos livros didáticos e currículos escolares (Saber a Ensinar) e, numa segunda transposição, seja transformado no saber que o estudante leva para si (Saber Ensinado). Esse Saber Ensinado deve ser: contextualizado, no sentido de que o estudante possa compreender a sociedade e o mundo no qual vive; faça reflexões sobre sua vida pessoal e cotidiana; e perceba o ato próprio de descoberta e de produção de conhecimento (MELLO, 2012). E também, deve ser feito de maneira interdisciplinar para que o estudante compreenda a Física como uma parte integrante de um todo científico, ou seja, que ele perceba que essa é uma das maneiras de analisar a natureza por meio das diversas relações entre disciplinas do conhecimento.

Várias propostas de trabalhar na perspectiva da transposição didática já foram feitas no ensino de Física no Brasil, como as de Brockington e Pietrocola (2005), Alves Filho (2000), Siqueira e Pietrocola (2006), dentre outras. Todos esses autores citados anteriormente, fizeram propostas de inserção de conteúdos de física moderna nas escolas por meio da transposição didática, tendo em vista que esse assunto, embora seja de extrema relevância para os estudantes compreenderem o mundo e a tecnologia em que vive, não é corretamente abordado, ou mesmo são esquecidos, nas escolas.

Nesse trabalho apresentamos os resultados de uma pesquisa na qual utilizamos a transposição didática alinhada à atividade experimental para estudar alguns conceitos físicos que podem ser explorados no lançamento de foguetes de garrafa PET. Ressaltamos que delimitamos o estudo de forma a explorar conceitos que podem ser compreendidos de maneira contextualizada no lançamento desse tipo de foguete. Como produto de nosso trabalho, deixamos uma sequência didática na

forma de guia para o professor utilizar em sala de aula. Neste guia, além dos roteiros das aulas, deixamos também orientações para elaboração dos experimentos, orientações para a montagem da plataforma de lançamento dos foguetes de garrafa PET, guia da oficina de confecção dos foguetes, regras de segurança e sugestões, que apareceram durante a aplicação, para o professor ir além do que fizemos aqui.

Dessa forma, este trabalho está dividido da seguinte forma: no primeiro capítulo discute-se a situação do ensino de Física no Brasil e o embasamento teórico que dá suporte à experimentação no ensino; no segundo capítulo, são apresentados os conceitos e as implicações da transposição didática, bem como sua aplicação ao ensino de Física; no terceiro capítulo, discute-se a abordagem feita em sala de aula e as três etapas da coleta dos dados; no capítulo quatro, são apresentados os resultados e a análise dos dados colhidos por meio da análise de covariância, análise dos itens na escala Likert e do questionário dissertativo; no quinto e último capítulo, apresentam-se as considerações finais e as perspectivas com comentários a respeito do resultado do trabalho como um todo e a discussão da proposta de transposição didática seguida de sugestões para a aplicação dessa proposta em outros conteúdos de Física; finalmente, no apêndice G, é apresentado o produto educacional gerado a partir desse trabalho em forma de material instrucional para que essa proposta seja aplicada em sala de aula pelo professor.

1. ENSINO DE FÍSICA E A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO

1.1. Ensino de Física

As aulas de Física são predominantemente expositivas seguindo o modelo tradicional. Esse tipo de aula centrada no professor e não no aluno (OSTERMANN; MOREIRA, 1999) utiliza poucas estratégias de ensino e são focadas no uso excessivo de fórmulas matemáticas, o que ocasiona o desinteresse dos estudantes pelos conteúdos de Física. Segundo Ostermann e Moreira (1999, p. 28), as aulas de Física são ministradas seguindo uma sequência de apresentação do conteúdo no quadro negro e, em seguida, de resolução de problemas. Ao final do processo, é aplicada uma prova onde o estudante tem que repetir os cálculos feitos na resolução dos problemas.

O papel do professor nesse processo é preencher as lacunas dos alunos (VILLANI, 1984, p. 76) demonstrando fórmulas e expondo as leis físicas. Os alunos copiam o que o professor escreve para depois resolver exercícios com os mesmos tipos de dados.

E para que permaneça alguma coisa mais facilmente na cabeça do aluno, essas mesmas fórmulas são demonstradas, repetidas, esmiuçadas e aplicadas em casos triviais e em exercícios mais complexos. Os alunos, pelo menos os mais dedicados e disciplinados, tomam nota, pedem esclarecimento, tentam imitar o professor neste ou naquele exercício ou passagem, até que finalmente aprendem o jogo (VILLANI, 1984, p. 76)

Esse processo colabora com a aprendizagem mecânica, pois trazem conteúdos abordados fora da realidade dos estudantes. A respeito desse fato, vale reforçar que:

A aprendizagem que mais ocorre na escola é outra: aprendizagem mecânica, aquela praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida, apagada, logo após. Em linguagem coloquial, a aprendizagem mecânica é a conhecida decoreba, tão utilizada pelos alunos e tão incentivada na escola. (MOREIRA, 2011, p. 28 – 29)

Villani destaca que esse tipo de abordagem dos conteúdos satisfaz oito pressupostos e os resumem em:

A mente dos alunos é uma “tábula rasa” (em Física) que deve ser preenchida; aprender é “gravar” nesta tábula, “olhando” atentamente para o professor, se exercitando nos exercícios propostos, e sobretudo realizando avaliações que definem o essencial a ser aprendido. Ensinar é fornecer mediante uma exposição clara e ordenada, o conteúdo a ser gravado: um “pacote” amarrado de fórmulas com alguns exercícios nos quais elas funcionam. (VILLANI, 1984, p. 81, grifo do autor)

Esse modelo não contribui para a construção do conhecimento, pois não leva em consideração o cotidiano dos estudantes. É um modelo que já teve suas finalidades, mas está ultrapassado (BRASIL, 1999, p. 22).

É preciso mudar a forma de ensinar Física de maneira que o estudante possa participar efetivamente da construção do seu conhecimento e possa compreender e interpretar o mundo à sua volta. Nesse sentido

É preciso discutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos todos que, para tanto, não existem soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso. Essa é a questão a ser enfrentada pelos educadores de cada escola, de cada realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara. (BRASIL, 1999, p. 23).

O ensino de Física deve ser repensado de maneira que se faça mudanças no tipo de abordagem que atualmente está em curso na maioria das escolas. Essas mudanças devem ser feitas no sentido de criar situações para que os estudantes possam fazer leituras do mundo (FREIRE, 1987), atendendo às suas necessidades de perceber, compreender e organizar fatos e fenômenos à sua volta (BRASIL, 1999, p. 24). Para que essas necessidades sejam atendidas não é necessário que se criem novos tópicos de conteúdo, mas sim dar novas dimensões ao currículo de Física de forma que promova um currículo contextualizado e integrado à vida dos estudantes (BRASIL, 1999, p. 23).

Para que o professor trabalhe nessa linha de contextualização, é necessário não só a formação continuada, mas também que ele seja preparado no curso de licenciatura. Em seu artigo, Pereira e Nardi (2005) enfatizam que esse tipo de formação deve ser discutido ainda na graduação e acrescentam:

Um possível ponto de partida para buscar uma melhoria do ensino de Física, em razão de seu efeito multiplicador é possibilitarmos ainda na graduação que os licenciandos, futuros professores de Física, conscientizem-se da importância de refletirem sobre suas práticas, entre outras possibilidades, para uma melhoria em seu trabalho (PEREIRA; NARDI, 2005)

A formação que possibilita um raciocínio crítico e reflexivo em relação aos conteúdos e metodologias deve ser parte integrante dos cursos de licenciatura, para que o professor, ao chegar à sala de aula, esteja em condições de contornar situações desfavoráveis ao ensino de Física como por exemplo, falta de laboratórios e a falta de projeto pedagógico que facilite a aprendizagem voltada para a realidade dos estudantes.

Para enfrentar essa realidade os cursos de licenciaturas devem formar professores autônomos que busquem práticas pedagógicas inovadoras. O professor autônomo sente-se mais seguro para tomar decisões e escolher estratégias de ensino que possibilitem aos estudantes participarem da construção do conhecimento, inserindo-os no contexto social com um raciocínio crítico que os possibilitem fazer interpretações de sua realidade. Almeida (1992) entende esse trabalho docente autônomo como aquele em que a visão crítica, as limitações e possibilidades permeiam o todo social, e completa:

O professor autônomo, além de artífice, planeja suas aulas e tem capacidade de analisar e se adaptar a novas situações, pode aceitar e procurar colaboração e, certamente, servir-se de recursos didáticos anteriormente produzidos, com ou sem a sua participação. (ALMEIDA, 199, p. 146)

Essa busca pela autonomia do professor deve ser discutida no curso de licenciatura para que os professores com esse perfil crítico estejam capacitados a contornar as limitações encontradas nas escolas.

1.2. Experimentação no ensino de Física

O ensino de Física por meio da aprendizagem mecânica despreza o uso da experimentação como meio de aprendizagem e dificulta a interpretação de fenômenos físicos presentes no cotidiano dos estudantes. Estudar Física baseado nesse modelo, segundo Caniato “é como fazer um curso de natação por correspondência” (1989. p. 38). Muitos estudantes não gostam de Física porque ela é ensinada nesse modelo desvinculado da realidade, baseada somente na aplicação de fórmulas matemáticas.

As possibilidades que a experimentação traz para a aprendizagem são inúmeras, pois permitem que os estudantes reflitam significativamente sobre o mecanismo que rege as leis físicas ao mesmo tempo que fazem descobertas enriquecedoras dos conteúdos das aulas teóricas.

Séré, Coelho e Nunes (2002) em seu artigo, destacam que diferentes abordagens podem ser feitas em uma atividade experimental. Uma dessas atividades é aquela em que o estudante não participa efetivamente do experimento, pois ele não discute as etapas de elaboração e seu papel é repeti-lo seguindo um manual de laboratório pronto e fechado. Outra forma, é usar a experimentação como uma investigação científica em que o estudante tem autonomia para decidir sobre os procedimentos e sobre o planejamento das etapas de construção do experimento à medida em que esse vai se desenvolvendo.

Esse primeiro tipo de experimentação descrito acima, que difere de uma simulação, pouco contribui para a formação científica do educando. Em muitos casos, o laboratório em que o papel do estudante é reproduzir uma experiência para confirmar a teoria, não atinge os objetivos educacionais propostos sendo, por isto, de pouca valia para a formação crítica do educando.

Se as práticas no laboratório didático de física forem tomadas como reprodutoras de um método que garanta a evidência científica, ou seja,

como exercício para a confirmação de teorias e conceitos previamente abordados nas aulas teóricas, estas práticas agiriam como um instrumento que reforça a ideia de ciência como verdade a ser alcançada. Tal ideia coincide com uma visão cientificista, a qual é pertencente à concepção de teoria tradicional que permeia a cultura escolar. (ANDRADE; LOPES; CARVALHO, 2009)

A experimentação também, quando não feita de maneira adequada segundo a proposta de Séré, Coelho e Nunes (2002), contribui com a ideia de que a ciência é “uma disciplina independente do resto da sociedade” (ANDRADE; LOPES; CARVALHO, 2009), que caminha rumo ao progresso, feita individualmente por gênios, caricaturados como antissociais e loucos, confinados em seus laboratórios para realizar as grandes descobertas. Essa visão distorcida foi denominada “intepretação Whig da História” (MARTINS, 2005, p. 314) e não contribui para o entendimento e o fazer ciência, pois cabe ao estudante repetir o que já foi feito sem pensar no processo de construção do conhecimento.

Outra forma de experimentação é aquela em que o estudante participa efetivamente de sua construção desde o começo. Essa experimentação denominada por Azevedo de atividade investigativa, favorece a compreensão e o desenvolvimento conceitual da ciência e não é necessariamente realizada em um laboratório (AZEVEDO, 2010, p. 20). Possui ainda a característica de ser centrada na ação do estudante como sujeito de construção do conhecimento.

Para que uma atividade possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas no trabalho científico: o aluno dará a seu trabalho as características de um trabalho científico, o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica. (AZEVEDO, 2010. p. 21)

Segundo Gil e Castro (1996, apud AZEVEDO, 2010, p. 23) as atividades investigativas possuem algumas características que podem ser resumidas em:

1. apresentar situações problemáticas abertas;
2. favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;

3. potencializar análises qualitativas significativas, que ajudam a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
4. considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, sendo esse tipo de processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as concepções dos estudantes;
5. considerar as análises, com atenção nos resultados (sua interpretação física, confiabilidade, etc.), de acordo com os conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipes;
6. conceder uma importância especial às memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;
7. ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

A atividade investigativa fornece condições para que o estudante desenvolva competências e habilidades para analisar e interpretar situações rotineiras. Como foi dito antes, essas atividades não precisam necessariamente ser feitas no laboratório, mas em qualquer ambiente, incluindo a sala de aula. Isto possibilita aos professores propor atividades em escolas com pouca estrutura de laboratórios dando significado ao ensino de Física

Deve-se ressaltar que Azevedo (2010, p. 25) classifica as atividades investigativas em quatro categorias que resumimos no quadro abaixo:

Quadro 1 - Classificação das atividades investigativas

Tipo de atividade investigativa	Objetivo principal
Demonstrações Investigativas	Ilustrar a teoria com experiências a partir da apresentação de um problema ou fenômeno a ser estudado.
Laboratório Aberto	Buscar a solução de um problema por meio de uma experiência.
Questões Abertas	Propor fatos do cotidiano dos estudantes que podem ser explicados por argumentos e construções de aulas anteriores.
Problemas Abertos	Discutir as possibilidades e soluções de situações gerais apresentadas aos estudantes.

Fonte: Azevedo (2010, p. 25), adaptada

A experimentação no ensino de Física torna-se mais produtiva quando é feita na ótica de uma atividade investigativa. O envolvimento nesse tipo de atividade deve ser estimulado pelo professor, que deve propor perguntas que possam motivar a participação dos estudantes (MARIN; VIANA, 2003).

Borges (2002, p. 307) sugere que este tipo de atividade deva ser simples no início de sua implementação e feito em pequenos grupos de forma gradual. Argumenta ainda que embora seja um processo lento, ajuda o desenvolvimento do pensamento crítico.

Nessas perspectivas, ressalta-se que as atividades investigativas proporcionam a compreensão do mundo e a formação cidadã proposta nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999, p. 23).

2. A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E O ENSINO DE FÍSICA

2.1. Transposição Didática

A Transposição Didática foi formulada em 1975 por Michel Varret e introduzida no campo da didática da Matemática em 1980 por Yves Chevallard, ao analisar como o conceito de distância nasce no campo de pesquisa e reaparece no contexto escolar. (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

A Transposição Didática é o meio pelo qual o Saber Sábio, aquele contido no universo científico, é transposto, traduzido em Saber a Ensinar dos currículos e livros didáticos e, também, em Saber Ensinado que aparece no cotidiano da vida escolar. Nestes termos, a Transposição Didática tem a função de levar o conhecimento científico produzido por pesquisadores à sala de aula, numa linguagem que seja acessível aos estudantes, mas sem perder seu significado, sem ser uma simplificação do conhecimento. A transposição didática permite que o currículo escolar seja baseado na realidade dos fenômenos, ou seja, baseado no que se traduz das pesquisas acadêmicas para a sala de aula e também nas aplicações tecnológicas dessas pesquisas.

No ensino de Física, a transposição didática pode exercer um papel importante ao possibilitar que o conhecimento científico seja traduzido na linguagem dos estudantes e faça parte da realidade escolar, pois os currículos, os livros didáticos e as ações pedagógicas do Ensino Médio não contemplam de forma significativa o Saber Sábio (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005). A necessidade de transpor o conhecimento científico surge com a necessidade de atualização curricular na escola e da interpretação física na linguagem dos estudantes por meio da reelaboração de materiais didáticos e de uma proposta pedagógica que facilite a interpretação do mundo pelos estudantes.

Outro fato importante é que essa atualização curricular deve ser feita no sentido de que o estudante possa compreender os fatos científicos de maneira contextualizada e interdisciplinar. Para isso, os conteúdos escolares têm que ser preparados de forma a proporcionar a compreensão dos conceitos de Física

considerando o tempo, o espaço e o universo em que está envolvido, bem como suas relações com as outras áreas do conhecimento.

2.1.1. A noção de noosfera

A noosfera é um ambiente onde as ideias de todos os agentes vinculados à educação se convergem para o Saber Ensinado (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 5) e é responsável pela mediação entre a sociedade e o sistema de ensino e por levar o Saber Sábido às escolas.

Marandino (2006, p. 97) argumenta que o sistema didático formado pelo Saber Ensinado professor-aluno, há uma relação entre os elementos internos e externos e completa

Esse sistema didático estaria inserido na noosfera, que, por sua vez, se coloca no interior do “entorno”, ou seja, na sociedade. O conceito de noosfera é central para o entendimento da transposição didática. É onde se opera a interação entre o sistema de ensino *stricto sensu* e o entorno societal; onde se encontram aqueles que ocupam postos principais do funcionamento didático e se enfrentam com os problemas resultantes do confronto com a sociedade; onde se desenrolam os conflitos, se levam a cabo as negociações; onde se amadurecem soluções; local de atividade ordinária; esfera de onde se pensa. (MARANDINO, 2006, p. 37).

A noosfera é formada por cientistas, educadores, professores, alunos, políticos, autores de livros didáticos, pais de alunos (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 5), ou seja, é formada por todos aqueles que participam da construção dos saberes escolares, seja direta ou indiretamente.

Cada esfera dos saberes possui seus próprios grupos de integrantes da noosfera, podendo haver ou não uma sobreposição entre grupos de esferas diferentes.

A sala de aula, neste contexto, passa a ser um retrato da realidade com os conteúdos relacionados à vida prática dos alunos. A transposição didática leva os saberes à sala de aula e a noosfera assume o papel de seleção daquilo que será transposto para essas salas, já que nem todos os saberes farão parte do domínio escolar.

2.1.2. As esferas do saber

Na transposição didática de Chevallard, o Saber Sábido, o Saber a Ensinar e o Saber Ensinado são as “esferas ou patamares do saber” (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 5). Essas esferas atendem aos interesses de grupos sociais distintos de acordo com suas necessidades e de mudança no saber.

O Saber Sábido é o saber relacionado ao campo científico, ou seja, é o saber da comunidade científica presente nas universidades, livros científicos etc. É o saber da esfera acadêmica que deve ser transposto, traduzido, para as outras esferas.

O saber sábio é entendido como o produto do processo de construção do homem acerca dos fatos da natureza. É o produto do trabalho do cientista ou intelectual relativo a uma forma de entendimento sobre a realidade. Este saber enquanto processo é propriedade íntima do intelectual, pois é consigo mesmo que ele dialoga em busca das respostas desejadas, utilizando os meios que estão ao seu alcance. No momento que se torna produto, isto é, quando é publicado o resultado de suas investigações, é utilizada de uma linguagem e uma formatação muito própria da comunidade na qual o cientista está inserido (ALVES FILHO, 2000a. p. 176).

Para que o Saber Sábido seja transmitido para outra esfera é necessário um processo de transformação. Nessa transformação, o Saber Sábido possui características, regras e linguagem própria desse novo grupo e passa a fazer parte da esfera do Saber a Ensinar. O Saber a Ensinar é assim, portanto, o resultado da transposição didática do Saber Sábido e está presente nos programas, livros didáticos e materiais didáticos (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 6).

O Saber Ensinado é o saber levado à sala de aula. Nas palavras de Alves Filho (2000, p. 221) “é o produto didático resultante de uma transposição didática” no ambiente escolar. Brockington e Pietrocola, destacam que o Saber Ensinado “é o saber registrado no plano de aula do professor e que não necessariamente coincide com aquele previsto nos programas ou livros didáticos”. Isto porque, ao fazer seu plano de aula, o professor necessita realizar adaptações de forma que as necessidades e prioridades dos seus estudantes sejam atendidas. Nesse sentido, Chevallard, Boch e Gascón (2001, p. 137) argumentam que “os fenômenos da transposição didática se tornam mais visíveis precisamente quando, por alguma razão, é produzida uma transgressão das leis que os regem”.

2.1.3. Características da transposição didática

Brockington e Pietrocola (2005) elencam características da transposição didática que devem ser destacadas para que determinado saber esteja presente nos livros didáticos e nas salas de aulas. Essas características podem ser resumidas, tomando esses autores como referência, como segue:

- A primeira característica afirma que a transposição do Saber Sábio para o Saber Ensinar deve ser consensual, ou seja, esse saber deve ser, ou ter status de verdadeiro.
- A segunda característica diz respeito a atualidade que é dividida em duas partes: atualidade moral, que deve ser adequada à sociedade de maneira que seja importante e necessária à comunidade; e a atualidade biológica que deve possuir uma atualidade com a ciência praticada.
- Outra característica destacada pelos autores é a operacionalidade do Saber a Ensinar, ou seja, a transposição didática deve ser capaz de gerar exercícios e atividades que levem a uma avaliação objetiva.
- A criatividade didática implica em um saber com identidade própria no contexto escolar de forma que o objeto de ensino tem que guardar uma relação com o objeto de conhecimento do Saber Sábio.

- Por fim, a característica terapêutica, que tem uma finalidade pragmática, pressupõe que só os objetos de ensino que deram certos devem permanecer na escola, ou seja, há uma característica de renovação dos objetos de aprendizagem dentro da Transposição Didática.

Para Chevallard (1991 apud MARQUES, 2005) a característica terapêutica é essencial dentro da transposição didática e a define como sendo um teste *in loco* que é fundamental para a sobrevivência dos saberes nos domínios do ensino.

2.1.4. As regras da transposição didática

A transposição didática permite que o conhecimento científico seja transformado, transposto, para a sala de aula sob algumas regras que são inerentes a esse processo. Alves Filho (2000b) destaca cinco regras para que a transposição didática constitua “um excelente instrumento para a leitura e análise do processo transformador do saber científico”. Relacionamos essas regras abaixo de forma resumida.

Regra 1 - Modernizar o saber escolar

O Saber Sábio está em constante modernização, pois novos conhecimentos decorrentes de novas descobertas científicas e novas tecnologias são produzidos nessa esfera e faz-se necessária a inserção dessa modernização na esfera do Saber a Ensinar para que os componentes curriculares atendam a essa modernização. Como exemplo, pode-se citar a substituição de termômetros por um sensor de temperatura ligado a um software, que faz a leitura de forma mais precisa e em intervalos de tempos muito curtos.

Regra 2 - Atualizar o Saber a Ensinar

O conhecimento, em todas as esferas, está sempre em atualização, seja no sentido de adaptação, seja no sentido de novas metodologias. Assim, o Saber a Ensinar, que não atende mais um determinado propósito deve ser descartado para que uma nova proposta com novo enfoque seja efetuada.

Regra 3 - Articular saber “velho” com “saber” novo

No processo de atualização, o saber a ser descartado deve guardar relação com o novo saber introduzido na esfera do Saber a Ensinar. Esse procedimento possibilita a mudança de forma gradual sem que o estudante sofra e tenha que passar por uma mudança radical dentro da sua estrutura cognitiva.

Regra 4 - Transformar um saber em exercícios e problemas

O processo de avaliação dos conteúdos originados da transposição do Saber Sábido deve ser feito no sentido de se fazer uma avaliação formativa, baseada nos conceitos de critérios, de diagnóstico e de regulação (HADJI, 2001). A avaliação formativa é uma ferramenta precisa para organizar o “sistema de acompanhamento de aprendizagem através de exercícios” descrito por Alves Filho (2000b, p. 180).

A exigência dos relatórios dos experimentos realizados pelos estudantes no laboratório didático reflete esta prática. O registro das “observações” do fenômeno em estudo; a emissão de hipóteses das relações de causas e efeitos e a proposta dos procedimentos a serem adotados, são os itens descritivos exigidos. Por outro lado, a habilidade do uso de instrumentos de medida e das leituras revela-se nos dados experimentais registrados nas tabelas; a habilidade na construção de gráficos, diagramas, esquemas, etc., traduzem-se na precisão das “constantes” físicas ou valores experimentais solicitados. Enfim, todo experimento realizado no laboratório, permite um acompanhamento, com relativo grau de detalhamento, que o transforma em um exercício ou problema experimental e que ao final pode ser expresso na forma de uma nota (ALVES FILHO, 2000b, p. 180, grifo do autor).

Essas possibilidades de transformar saberes em pontos a serem avaliados e de acompanhamento do processo de aprendizagem fazem dessa regra uma das mais importantes na transposição didática.

Regra 5 - Tornar um conceito mais compreensível.

A transposição didática tem a finalidade, ao final de todo o processo, de transformar o Saber Sábido em Saber Ensinado. Esta finalidade só é cumprida se os

conceitos forem escritos em uma linguagem acessível aos estudantes, ou seja, os saberes têm que ser escritos de forma que reduza o grau de complexidade de forma que os estudantes consigam compreender e fazer interpretação do mundo.

2.2. Transposição didática, interdisciplinaridade e contextualização

A transposição didática é o meio pelo qual a proposta pedagógica, que norteia práticas educativas e define os conteúdos, os métodos de ensino e as competências, entra em ação (MELLO, 2012). A interdisciplinaridade e a contextualização são recursos para operacionalizar a transposição didática.

Transposição didática, interdisciplinaridade e contextualização são na verdade três facetas inseparáveis de um mesmo processo complexo: transformar o conhecimento em conhecimento escolar a ser ensinado; definir o tratamento a ser dado a esse conteúdo e tomar as decisões didáticas e metodológicas que vão orientar a atividade do professor e dos alunos com o objetivo de construir um ambiente de aprendizagem eficaz (MELLO, 2012).

A ciência, de uma forma geral, não é disciplinar, ou seja, não há fenômenos isolados em um só contexto de uma disciplina do conhecimento. O que se faz na educação é fragmentar a ciência em suas diversas esferas do saber no que denominamos disciplina do conhecimento e, assim, estudar cada parte isoladamente. O problema dessa fragmentação é que muitos conteúdos perdem o sentido no contexto escolar, pois não há uma relação entre as disciplinas. A interdisciplinaridade possibilita que esses conteúdos sejam estudados dentro do contexto das várias disciplinas que o compõem. É nesse sentido que a interdisciplinaridade é um recurso indispensável à transposição didática.

O trabalho interdisciplinar implica em atividades de aprendizagem que favoreçam a vivência de situações reais ou simulem problemas e

contextos da vida real que, para serem enfrentados, necessitarão de determinados conhecimentos e competências (MELLO, 2012).

Segundo Silva (2010) a contextualização é o processo que possibilita a problematização dos objetos de estudos dentro dos conteúdos curriculares de forma a vinculá-los com a realidade e o contexto. A contextualização no ensino “significa incorporar vivências concretas e diversificadas, e também incorporar o aprendizado em novas vivências” (MELLO, 2012).

Dessa forma, entende-se que interdisciplinaridade e contextualização são instrumentos operacionais importantes para a transposição didática.

A contextualização assim como a interdisciplinaridade são *instrumentos* de um processo bem mais complexo que é a *Transposição Didática*. Essas três noções são intrinsecamente ligadas ao processo de ensino/aprendizagem. Aliás, só são separadas para efeito puramente didático objetivando uma melhor compreensão do (a) professor (a), pois uma não acontece sem a outra (SILVA, 2010, grifo do autor)

A finalidade da transposição didática, como dito anteriormente, é levar o conhecimento científico (Saber Sábio) à sala aula para que o estudante tenha compreensão do mundo à sua volta. Para tanto, é necessário que esse conhecimento seja contextualizado e integrado de maneira interdisciplinar com as várias áreas da ciência.

2.3. A transposição didática no ensino de Física

Segundo Brockington e Pietrocola (2000) a transposição didática fornece critérios mínimos para se entender a produção e sobrevivência do sistema didático. Com relação à Física, pode-se dizer que, mesmo os conceitos mais antigos pertencentes à Física Clássica, ainda não são entendidos por não fazerem parte do cotidiano, pois são vítimas das aproximações que se faz para entendê-los ocasionando um afastamento dos fenômenos reais e da hermeticidade devido às sua estrutura conceitual, abstração e formulação matemática. Os autores, ao proporem a

inserção de tópicos de física moderna e contemporânea, em suas considerações finais, alegam que:

O Ensino de Física tem por obrigação apresentar como a ciência é capaz de criar explicações sobre o mundo através de seus modelos. Este ensino deve também levar os alunos a desconfiarem de seus sentidos e do real que percebem. Os alunos devem ser capazes de compreender que tais modelos “explicatórios” não são cópias da realidade, mas que isso não significa uma renúncia a ela. (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2000. p. 13, grifo nosso)

Guimarães e Sade (2009), também discutindo a transposição didática da física moderna, justificam que esse assunto está presente no Ensino Médio pelos PCNs como forma dos estudantes reconhecerem e interpretarem o espaço à sua volta. Os autores encerram o artigo com três importantes ponderações:

A utilização da transposição didática de textos científicos e tecnológicos é aplicável na construção de material didático pra o ensino de FMC no ensino médio.

O tema escolhido para transposição didática tem que propiciar a aplicação das regras da transposição didática, caso contrário, não é um bom tema para ser transposto.

Mesmo com a transformação do conhecimento que gera simplificações, inerentes a transposição didática, a introdução da física moderna e contemporânea transposta é de suma importância, pois suas aplicações ajudam os alunos a terem um maior conhecimento da realidade que os cercam. (GUIMARÃES; SADE, 2009, p. 9)

Da Rosa e Rosa (2005) explicam que a transposição didática relacionada ao ensino de Física “busca uma combinação entre o conhecimento científico, produzido entre os elaboradores da ciência, e o que de fato possa ser compreendido pelos alunos”.

Esses mesmos autores ressaltam ainda a importância do professor no processo de transposição didática dos conteúdos de Física.

A tomada de consciência por parte do professor acerca desse processo lhe permitirá uma melhor adequação do saber que chega à escola a um saber a ser ensinado aos alunos. Nesse sentido, a sua busca permanente por uma atualização, a retomada reflexiva na sua

ação docente e a flexibilidade nas discussões em torno do fazer pedagógico lhe permitirá atingir mais rapidamente o seu objetivo no processo ensino-aprendizagem. A preocupação constante com o ensino da Física e a melhor maneira de aproximá-lo dos alunos lhe fornecerá o suporte necessário para que a Física perca o status de disciplina odiada por todos aqueles que dela se aproximam (DA ROSA; ROSA, 2005).

O engajamento do professor é essencial para que ocorra a transposição didática do Saber Sábido para o Saber Ensinado. Trabalhar com conteúdos de forma diferenciada faz com que o ensino de Física se torne significativo para o estudante. A transposição didática na sala de aula é uma possibilidade de dar significado aos currículos escolares e fazer com os estudantes realmente compreendam o papel da escola na formação cidadã.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E APLICAÇÃO

Neste capítulo descrevemos a metodologia utilizada e a aplicação em sala de aula. Optamos por mantê-los juntos pelo fato de alguns procedimentos serem descritos no momento em que fizemos a aplicação. Assim, temos como finalidade facilitar a leitura e o entendimento das etapas de realização do trabalho.

Outro motivo para esta escolha é o foco no produto educacional (Apêndice G) que deixamos como apoio ao professor que desejar aplicar essa proposta de Transposição Didática em sala de aula.

O produto educacional que deixamos ao professor foi elaborado de forma a seguir o mesmo cronograma aqui apresentado e constitui em uma sequência didática com as atividades desenvolvidas em sala de aula durante a aplicação desse trabalho. Incluímos também, nesse produto, o material pedagógico necessário ao desenvolvimento das atividades.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, realizamos uma abordagem qualitativa ao mesmo tempo em que obtemos dados numéricos para fazer também uma avaliação quantitativa relacionada ao pré e pós-teste que aplicamos. Para analisar os aspectos qualitativos aplicamos, ao final do processo, uma pesquisa baseada em itens na escala Likert. Aplicamos também um questionário com questões dissertativas para avaliarmos os efeitos da transposição didática proposta nessa pesquisa.

3.1. Caracterização da escola

O estudo foi realizado no Colégio Professor Sérgio Fayad situado na cidade de Formosa - Goiás. A escola é parte integrante da rede pública de ensino do estado de Goiás, funciona em regime de tempo integral, exclusivamente com turmas do ensino médio, tendo nove aulas por dia, sendo cinco pela manhã e quatro a tarde.

A escola possui dois laboratórios de ciências que são utilizados pelos professores. O Laboratório Seco onde são realizados experimentos de Física e Matemática e o Laboratório Molhado usado para fazer experimentos de Química e Biologia. Nesses laboratórios, o professor da disciplina é o responsável pelo seu uso e as aulas acontecem duas vezes por semana. Cada professor tem que manter o ambiente do laboratório limpo após suas atividades de forma a deixá-lo preparado para o próximo professor.

As figuras a seguir mostram parte da estrutura física da escola, o qual utilizamos para realizar nossa pesquisa. As figuras 1 e 2 mostram a visão interna da escola; a figura 3 mostra o Laboratório Seco e na Figura 4 temos o interior do laboratório seco.



Figura 1: Vista da Escola



Figura 2: Vista da Escola



Figura 3: Laboratório Seco



Figura 4: Interior do Laboratório Seco

Com essa estrutura organizacional, o nosso trabalho foi realizado com o objetivo de fazer a transposição didática, por meio da utilização de um experimento produzido com material de baixo custo, buscando a transposição didática dos conteúdos envolvidos no lançamento de foguetes de garrafa PET.

3.2. Perfil dos estudantes

A escola possui 12 turmas de Ensino Médio, sendo: 6 turmas da 1ª série, 3 turmas da 2ª e 3 turmas da 3ª série do ensino médio.

Escolhemos duas turmas da 3ª série do Ensino Médio para realizarmos a pesquisa. Apesar dos conteúdos de Mecânica serem abordados na 1ª série do Ensino e Médio e os conteúdo relacionados aos estados físicos da matéria na 2ª série, nossa proposta de transposição didática com a temática foguetes foi aplicada, os conteúdos abordados envolvem as três séries do Ensino Médio.

Vale ressaltar que a proposta pedagógica da escola reserva parte da carga horária para a revisão de conteúdos da 1ª e 2ª séries do Ensino Médio, o que facilitou a aplicação da nossa proposta. Durante a realização dessa pesquisa, ficamos responsáveis pela aula de revisão de conteúdo durante o primeiro semestre de 2015, nas turmas do 3ª A e 3ª B. Nessa perspectiva, a turma do 3ª A foi escolhido como turma experimental e o 3ª B ficou como turma de controle. A razão dessa escolha foi simplesmente casual, pois decidimos que a primeira turma do 3ª ano a ter aula de Física na quarta-feira (3ª B), dia da semana em que começamos a pesquisa, seria escolhida como experimental.

As turmas são compostas da seguinte maneira:

Quadro 2: Número de estudantes por turma

Turma	Série	Total de estudantes	Total de estudantes frequentes
Experimental	3º A	29	23
Controle	3º B	28	27

Fonte: o autor

3.3. Etapas da pesquisa

A pesquisa teve a duração de três meses. Iniciamos o trabalho em abril de 2015, com a aplicação do pré-teste e finalizamos em junho de 2015 com a aplicação do pós-teste, e questionários. Ao término da aplicação em sala de aula iniciamos a etapa de análise de dados. Vale lembrar que na turma de controle as aulas foram realizadas seguindo o modelo tradicional e não foram feitos experimentos em sala de aula, mas os estudantes participaram da oficina de construção (realizada no Laboratório Seco) e também do lançamento dos foguetes para que os dados relativos aos conteúdos abordados fossem colhidos e, desse modo, pudéssemos analisar a transposição didática.

Assim, nossa pesquisa foi realizada nas seguintes etapas:

1. Ambientação e conhecimento das turmas.
2. Aplicação do pré-teste nas duas turmas.
3. Período de aulas com aplicação da proposta de transposição didática na turma experimental e aula seguindo o modelo tradicional na turma de controle.
4. Oficina de construção de foguetes de garrafa PET nas duas turmas.
5. Lançamentos dos foguetes de garrafa PET.
6. Aplicação do pós-teste nas duas turmas.
7. Aplicação do questionário com itens na escala Likert e do questionário dissertativo nas duas turmas.
8. Análise dos dados obtidos.

Nas duas turmas reservamos os dois primeiros encontros para ambientação e aplicação do pré-teste.

O pré-teste aplicado às duas turmas contou com quatorze questões, sendo seis referentes às Leis de Newton, quatro referentes aos estados físicos da matéria e suas propriedades e quatro relacionadas aos conceitos de centro de pressão e centro de gravidade. Os alunos foram orientados a não consultar nenhum tipo de material e nem os colegas durante a aplicação. Também foram informados de que o pré-teste não seria avaliativo e que, portanto, não teria uma nota atribuída ao desempenho dos estudantes. Como forma de incentivo e colaboração, o professor regente se dispôs a

acrescentar um ponto na média bimestral ao final do segundo bimestre escolar de 2015.

Na turma de controle não utilizamos um delineamento experimental, tampouco utilizamos estratégias que facilitasse a transposição didática. Conforme descrito, na sala de aula, seguimos o modelo tradicional e utilizamos somente quadro negro e giz. Vale ressaltar que a temática gerou muitos debates, nos quais procuramos sanar as dúvidas de todos os estudantes. Assim, todos os esquemas e desenhos ilustrativos foram feitos no quadro.

Na turma experimental utilizamos estratégias e atividades experimentais que proporcionam a transposição didática dos conteúdos que envolvem os foguetes de garrafa PET.

3.4. Desenvolvimento da metodologia

De forma a contribuir com o melhor entendimento, colocamos em estrutura de tópicos abaixo a sequência desenvolvida na turma experimental.

- 1) A primeira aula foi de ambientação, com a apresentação do plano de trabalho e a explanação das etapas a serem realizadas em sala e no lançamento de foguetes de garrafa PET, bem como a importância da colaboração de todos nas atividades a serem realizadas.
- 2) Na aula seguinte foi aplicado o pré-teste (Apêndice A) com o objetivo de analisar o conhecimento prévio dos alunos em relação aos conteúdos a serem trabalhados nas aulas seguintes.
- 3) Iniciamos as aulas na turma experimental com o conteúdo sobre Leis de Newton. Primeiramente, buscamos os conhecimentos prévios dos alunos sobre a temática por meio de perguntas e debates. Construimos assim, a imagem que as Leis de Newton não são dissociadas umas das outras, mas são interdependentes.

Para fazer a transposição didática construímos primeiramente um carrinho foguete (Figura 5) para mostrar como as leis de Newton explicam o movimento de um objeto. A razão de optarmos pelo carrinho foguete se deve ao fato de sua construção ser bastante simples e também por chamar muito a atenção dos estudantes além dá facilitar a percepção das leis do movimento de Newton. Os estudantes tiveram acesso à construção detalhada do carrinho foguete, descrita no capítulo 5 do Produto Educacional gerado (Apêndice G).

Após sua construção, fizemos os questionamentos:

- a. Qual a situação inicial do carrinho foguete?
- b. O que tem que acontecer para ele entrar em movimento?
- c. Que posição devemos colocar o balão para o carrinho se mover para a frente?



Figura 5: Carrinho foguete e o foguete de garrafa PET
Fonte: o autor

Essas perguntas foram debatidas pelos estudantes de maneira a contribuir para a construção dos conceitos das Leis de Newton. Nessa etapa discutimos os conceitos de inércia, massa, movimento e repouso.

Em seguida, apresentamos um foguete de garrafa PET (Figura 5) seguindo o modelo descrito no capítulo 3 do Produto Educacional (Apêndice G) e fizemos os questionamentos:

- a) Que relação há entre o movimento do carrinho foguete e do foguete de garrafa PET?
 - b) Quais os princípios físicos envolvidos no lançamento de foguete de garrafa PET?
 - c) Qual a relação entre o foguete de garrafa PET e os foguetes espaciais?
 - d) É possível compreender as leis físicas no lançamento dos foguetes espaciais por meio de um foguete de garrafa PET?
 - e) O que é diferente nos dois lançamentos?
- 4) Após esses debates, iniciamos a discussão de alguns aspectos físicos envolvidos nos foguetes.

Primeiramente tratamos dos estados físicos da matéria. Lançamos a pergunta: quais são os estados físicos da matéria? Vale ressaltar que dos estudantes presentes, somente um sugeriu quatro estados. Os outros responderam categoricamente sólido, líquido e gasoso.

Propusemos então o quarto estado e fomos discutir as propriedades de cada um deles. Enfatizamos que o plasma é o estado predominante na matéria visível do universo e falamos da composição das estrelas e dos combustíveis (propelentes) dos foguetes durante a sua queima.

- 5) Mostramos que utilizamos água e ar comprimido no lançamento dos foguetes de garrafa PET e fizemos o questionamento: por que utilizamos água e não somente ar comprimido? A partir desse questionamento, discutimos sobre as propriedades dos gases e líquidos dando ênfase à incompressibilidade dos líquidos e elasticidade do ar.

Para mostrar essas propriedades utilizamos uma seringa (Figura 6). Para estudar a elasticidade do ar, puxamos o êmbolo, tapamos o bico da seringa, empurramos o êmbolo e, em seguida, soltamos o mesmo, sempre mantendo o bico da seringa tapado. Os estudantes observaram que o êmbolo é empurrado

para trás quando fazemos esse procedimento. Então, fizemos os questionamentos:

- a) Por que o êmbolo é empurrado para trás?
- b) Qual a propriedade dos gases que explica essa ação?

Logo após, colocamos água na seringa de forma que não houvesse espaço vazio entre a água e o êmbolo. Pedimos aos alunos que empurrassem o êmbolo para que todos observassem o que acontecia. Fizemos os questionamentos:

- a) Por que agora não conseguimos empurrar o êmbolo?
- b) Qual a propriedade dos líquidos explica esse comportamento?

Com esses procedimentos, buscamos responder porque utilizamos água e ar comprimido no foguete de garrafa PET.



Figura 6: Experimento com a seringa
Fonte: o autor

- 6) No próximo passo, organizamos material para explicar os conceitos de centro de massa e o centro de pressão.

Para o centro de massa, pedimos aos estudantes que tentassem equilibrar uma régua com o dedo. Lançamos as perguntas:

- a) Em que ponto da régua você segurou para que ela ficasse em equilíbrio?
- b) Se colocarmos uma borracha numa das pontas da régua, onde deveríamos segurar agora para que ela fique em equilíbrio?

Fizemos esses procedimentos e colocamos a borracha em cima da régua várias vezes, sempre variando a posição e descobrindo o ponto de equilíbrio. Discutimos a questão da densidade uniforme e questionamos:

- a) Em torno de que ponto a régua gira?
- b) Se tivéssemos uma régua feita com metade plástico e a outra metade de ferro, o ponto de equilíbrio estaria no centro?
- c) A partir desse questionamento discutimos a densidade não uniforme e sua relação com o centro de massa.

Enfatizamos que, devido à simetria da garrafa PET, a coordenada horizontal do seu centro de massa estaria exatamente no meio da garrafa (ZOUZA, 2007).

- 7) Para discutirmos o conceito de centro de pressão, utilizamos uma aproximação desenhando a silhueta do foguete em um papelão e depois encontramos o centro de massa do papelão (Figura 7). Nesse caso, devido à simetria, a posição do centro de pressão do foguete coincide com a posição do centro de massa do papelão. Para encontrar o centro de pressão pela figura, utilizamos as instruções a seguir:

- (a) Projete a silhueta do foguete em um papel e divida suas partes em regiões retangulares e triangulares para facilitar a obtenção do CP.
- (b) Projete a silhueta do foguete em um pedaço de papelão e encontre seu CM; isto fornecerá uma ideia da posição do CP do foguete, que neste caso coincide com o CM do papelão. (SOUZA, 2007)

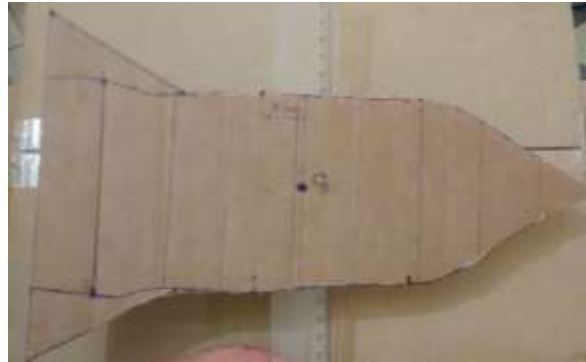


Figura 7: Determinação do centro de pressão
Fonte: o autor

- 8) Após a localização aproximada do centro de massa e do centro de pressão, passamos a discutir a relação desses com a estabilidade do voo do foguete. Segundo Sousa (2007), em um foguete de garrafa PET, o centro de massa deve estar a uma distância aproximada de 1,5 cm acima do centro de pressão para que a estabilidade do foguete seja garantida. Explicamos que a necessidade dessa separação é devido à natureza das forças que atuam em cada um desses pontos. No centro de massa atua a resultante das forças de origem gravitacional e é, portanto, o ponto em torno do qual o foguete tende a girar.

Com esse procedimento, é garantido que o foguete corrija sua rota, caso ele sofra alguma rotação em torno do seu centro de massa. Propomos que essa observação seria feita em um dos lançamentos dos foguetes de garrafa PET.

- 9) Para a oficina de montagem dos foguetes, formamos grupos com quatro estudantes e cada grupo ficou encarregado de trazer duas garrafas PETs no dia da oficina para a confecção dos foguetes. A oficina de montagem foi realizada no Laboratório Seco (Figura 8). Durante a confecção dos foguetes, mostramos a importância do alinhamento das aletas para o foguete se manter na rota e sempre com a ponta virada para a frente. Para ilustrar esse ponto, amarramos um barbante no foguete de garrafa PET (Figura 9) sem as aletas e o giramos para observarmos seu comportamento. Em seguida, fizemos o mesmo procedimento, mas, desta vez, colocamos as aletas. Questionamos os estudantes sobre o que eles observaram. Os comentários dos estudantes foram no sentido de que no primeiro caso, o foguete gira desordenadamente, mas, no segundo caso, o foguete rapidamente

corrige a rota. Enfatizamos que, como eles observaram, é importante que as aletas fiquem alinhadas de forma a manter a direção do foguete.



Figura 8: Oficina de foguetes – Turma experimental
Fonte: o autor



Figura 9: Oficina de foguetes – Turma de controle
Fonte: o autor

10) Na aula seguinte, voltamos ao laboratório seco e, com os foguetes construídos, fizemos um desenho no quadro para ilustrar o mecanismo de voo do foguete de garrafa PET. E questionamos:

- a) As leis da Física que explicam o movimento dos foguetes de garrafa PET são as mesmas que explicam o movimento dos foguetes espaciais?
- b) Como os foguetes voam?
- c) Por que há queima de grande quantidade de combustíveis (propelentes) nos foguetes espaciais?
- d) Como os foguetes espaciais voam no espaço fora da Terra?

Na turma de controle, não fizemos uso da transposição didática conforme mencionamos. Os estudantes tiveram as aulas de forma tradicional e fizeram a montagem dos foguetes no Laboratório Seco sem referências ao funcionamento dos foguetes espaciais. Ressaltamos que esse foi o único momento em que a turma de controle fez atividade fora do modelo tradicional de ensino, pois, para

compararmos os dados, foi necessário que a turma de controle também lançasse os foguetes.

- 11) Marcamos o dia de lançamento dos foguetes de forma que cada turma fez os lançamentos em horários diferentes.
- 12) Na turma experimental, soltamos os foguetes (Figura 10) e pedimos aos estudantes que observassem os voos. No último lançamento, pedimos que observassem também o comportamento do foguete porque ele estava sendo lançado sem água, ou seja, somente com ar pressurizado.
- 13) Na turma de controle, adotamos o mesmo procedimento da turma experimental quanto aos lançamentos dos foguetes (Figura 11).



Figura 10: Lançamento de foguetes – Turma experimental
Fonte: o autor



Figura 11: Lançamento de foguetes – Turma de controle
Fonte: o autor

14) Após os lançamentos fizemos o fechamento do trabalho retomando os conteúdos, mostramos os vídeos abaixo e debatemos sobre as possibilidades do estudar Física por meio de lançamento de foguetes de Garrafa PET.

1. Decolagem ônibus espacial NASA. Disponível no link:
<https://www.youtube.com/watch?v=157XAmf1Uo8>
2. Lançamento de ônibus espacial visto de avião. Disponível no link:
<https://www.youtube.com/watch?v=DSJu0XGGJ6Q>

15) No último encontro pedimos aos estudantes que fizessem as avaliações solicitadas. Aplicamos o pós-teste com as mesmas questões do pré-teste, o questionário com itens Likert e o questionário dissertativo. Fizemos as orientações de que as avaliações seriam individuais e sem consulta e ressaltamos a importância da colaboração e sinceridade dos estudantes ao responderem as questões aplicadas.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. Coleta de dados

Os dados para a avaliação foram colhidos por meio do pré-teste (Apêndice A); como avaliação inicial do pós-teste, com as mesmas perguntas do pré-teste; de uma enquete com itens na escala Likert (Apêndice B); e, finalmente, por um questionário contendo cinco questões discursivas (Apêndice C), esses dois últimos denominados de avaliação final.

Elaboramos previamente um roteiro com avaliações a serem feitas em sala de aula e anotamos também outros questionamentos que foram feitos espontaneamente no decorrer das atividades.

Na turma experimental, 23 estudantes responderam ao pré-teste e, destes, 21 responderam a avaliação final. Na turma de controle, 27 estudantes responderam ao pré-teste e 24 responderam a avaliação final.

4.2. Análise do pré e do pós-teste

O pré e o pós-teste foram constituídos das mesmas questões no formato múltipla escolha com, no máximo, cinco alternativas para resposta. Foram selecionadas quatorze perguntas e cada uma delas tinha uma única resposta correta. Essas perguntas foram distribuídas de forma que seis delas versavam sobre leis de Newton, quatro sobre estados físicos da matéria e quatro sobre centro de massa e centro de pressão. As questões, em parte, foram selecionadas de testes já aplicados e outras foram elaboradas de forma a contemplar os objetivos da pesquisa.

Tanto a data de aplicação do pré-teste quanto a do pós-teste foi comunicada previamente aos estudantes. As instruções foram repassadas no sentido de que não poderia ser usado qualquer tipo de consulta e que também não seriam avaliados pelo desempenho.

Os estudantes foram informados também que o pré e o pós-teste seriam corrigidos, mas não seria atribuída nenhuma nota, pois buscávamos tão somente verificar o nível de compreensão dos conteúdos abordados.

Para fazermos a avaliação dos efeitos da transposição didática, utilizamos um delineamento experimental com experimentos planejados de modo que seja possível colher informações apropriadas que possam ser analisadas estatisticamente (LAVILLE; DIONNE, 1999 apud SILVA, 2009) com a aplicação de pré e pós-teste nas turmas de controle e experimental. Nesse tratamento experimental analisamos os testes quantitativamente e, para isso, utilizamos uma análise estatística adequada. Nesse caso, utilizamos a Análise de Covariância (ANCOVA), que é um recurso eficiente para indicar se existem diferenças entre as médias de dois grupos (AGRANONIK; MACHADO, 2011). Na ANCOVA, podemos observar como uma variável depende de outra mantendo-se fixos os efeitos dessa.

Este tipo de tratamento é eficiente para analisar os resultados do pré o pós-testes aplicados nas turmas de controle e experimental onde a variável analisada é a quantidade de acertos nos testes. No nosso estudo, utilizamos o pré-teste como covariável (POLIT; BECK; HUNGLER, 2004) para verificar se a diferença entre pré e pós-teste se deve ao efeito do tratamento realizado na turma experimental.

Na nossa análise utilizamos o valor p do teste t de Student (POLIT; BECK; HUNGLER, 2004) que fornece o nível de confiança que devemos levar em consideração para rejeitar a hipótese nula, ou seja, nesse caso, que não há diferença entre as médias da turma de controle e experimental. Um nível de confiança é aceitável para o valor $p = 0,05$ (POLIT; BECK; HUNGLER, 2004, p. 331). Isso significa que para um valor $p < 0,05$, podemos rejeitar a hipótese nula.

Como medida de variabilidade, calculamos o desvio padrão para verificar a dispersão em torno da média das notas. Esse valor nos diz qual é o grau de homogeneidade de cada turma. O erro padrão ou erro padrão da média, é uma medida de exatidão das médias como estimativas do valor da população (POLIT; BECK; HUNGLER, 2004, p. 325), isto é, o erro padrão nos mostra o grau de afastamento das médias amostrais em relação à população (DANCEY e REIDY, 2006).

Após a aplicação do pré e pós-teste nas duas turmas, submetemos os dados ao tratamento estatístico utilizando o Software SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versão 20, com os seguintes resultados:

Tabela 1: Médias gerais do pré-teste

Turma	Média	Desvio padrão	Erro padrão	Número de estudantes	Valor p*
Controle	3,59	0,18	0,03	27	0,548
Experimental	3,91	0,19	0,04	23	

Fonte: o autor

O resultado do pré-teste nos mostra o valor p igual a 0,548 que indica que podemos descartar a hipótese nula de que há diferença significativa entre as turmas.

Esse resultado nos mostra que, inicialmente, os estudantes tinham o mesmo nível de conhecimento em relação aos conteúdos abordados em sala de aula. Outro fator que contribui para essa afirmativa é o resultado da média, do desvio padrão e do erro padrão que não mostram diferença significativa entre as turmas.

Tabela 2: Médias gerais do pós-teste

Turma	Média	Desvio padrão	Erro padrão	Nº de estudantes	Valor p
Controle	5,17	0,16	0,03	24	0,009
Experimental	7,33	0,18	0,04	21	

Fonte: o autor

No pós-teste, o valor p igual a 0,009 nos indica que há diferença na média geral entre as duas turmas. Em contraste ao pré-teste, observamos que há diferença entre as médias da turma experimental e de controle. Os valores baixos do desvio e do erro padrão nos indicam que as turmas são homogêneas. Devemos refinar a análise para justificar a diferença entre as médias, pois precisamos verificar se o pré-teste está relacionado a essa diferença. Fizemos assim, a análise de covariância para ajustar as médias.

Tabela 3: Médias gerais ajustadas do pós-teste

Turma	Média ajustada	Desvio padrão	Erro padrão	Nº de estudantes	Valor p
Controle	5,19	0,11	0,02	24	0,007
Experimental	7,31	0,07	0,02	21	

Fonte: o autor

Por meio da análise de covariância, fizemos os ajustes das médias e percebemos que a diferença entre a média geral no pós-teste é mantida. Verificamos que as médias das turmas mostraram praticamente os mesmos valores anteriores a análise. Enquanto na turma de controle a média foi ajustada para 5,19, na turma experimental a média foi ajustada para 7,31. Erro padrão para as duas turmas apresentou um valor baixo de 0,02.

O valor p de 0,007 nos permite afirmar que após o tratamento realizado na turma experimental, houve diferença significativa entre as turmas. Atribuímos essa diferença ao tratamento realizado com o uso de foguetes de garrafa PET em sala de aula como meio facilitador da transposição didática. Esse procedimento possibilita aos estudantes compreender de maneira mais simples os conteúdos estudados aqui. Destacamos ainda que esse procedimento possibilita maior participação do estudante na construção do conhecimento em contraposição a aula meramente expositiva, onde o estudante fica forçado a fazer abstrações sem poder observar diretamente as leis físicas estudadas.

Tabela 3: Valores das médias ajustadas das questões do pré e pós-teste

Questão	Turma de controle		Turma experimental		Valor p
	Média ajustada	Erro padrão	Média ajustada	Erro padrão	
1	0,37	0,01	0,24	0,01	0,073
2	0,57	0,01	0,75	0,01	0,012
3	0,14	0,02	0,25	0,03	0,005
4	0,21	0,01	0,56	0,02	0,010
5	0,17	0,01	0,34	0,03	0,008
6	0,21	0,01	0,39	0,04	0,001
7	0,57	0,00	0,70	0,03	0,003
8	0,57	0,01	0,61	0,03	0,042
9	0,45	0,01	0,57	0,03	0,003
10	0,43	0,06	0,68	0,10	0,000
11	0,29	0,00	0,38	0,03	0,012
12	0,37	0,01	0,61	0,03	0,007
13	0,25	0,01	0,48	0,05	0,001
14	0,54	0,05	0,76	0,08	0,002

Fonte: o autor

Com os dados da tabela 4, podemos usar os valores das médias ajustadas de cada questão aplicada no pré e no pós-teste (apêndice A) para analisar os efeitos do delineamento experimental realizado. Após essa análise, destacamos os seguintes pontos:

- 1- As questões 1 e 2 são referentes a primeira lei de Newton onde foi verificado a percepção dos estudantes em relação à situação em que não é necessário a aplicação de força para que um corpo esteja em movimento em um referencial inercial (questão 1) e em relação à situação em que é válida a lei da inércia (questão 2). A turma de controle obteve média maior na questão 1 e a turma experimental na questão 2. Na questão 1 o valor p indica hipótese nula, ou seja, não há diferença significativa entre as turmas e não podemos afirmar que o tratamento experimental foi eficaz. Na questão 2 o valor p indica que há diferença significativa entre as turmas, o que nos permite dizer que o tratamento realizado na turma experimental é responsável por essa diferença. Destacamos ainda que a média da questão 2 na turma experimental é também significativamente maior do que na turma de controle e que podemos atribuir esse resultado ao tratamento realizado.
- 2- As questões 3 e 5 tinham o propósito de analisar a compreensão dos estudantes em relação à segunda Lei de Newton. Na questão 3 pede-se ao estudante que analise uma situação de lançamento vertical em ambiente ideal (sem resistência do ar) e identifique as forças atuantes em um corpo nessa situação. A questão 5 refere-se a uma situação de aplicação da segunda lei de Newton, onde esperamos que o estudante avalie o movimento de um corpo sob ação de forças resistivas. A média da turma experimental foi superior à média da turma de controle nos dois casos e o valor p indica que há diferença significativa entre as turmas. Destacamos que nessas duas questões, a diferença entre as médias é alta. Atribuímos essa diferença ao tratamento dado na turma experimental, onde estudantes puderam analisar o lançamento vertical e horizontal de objetos para simular as situações apresentadas nas questões.
- 3- As questões 4 e 6 tratam de aplicação da terceira Lei de Newton. As questões 4 e 6 mostram situações em que o estudante tem que observar o conceito de ação e reação. Na questão 4 a média da turma experimental foi bem maior do que a

média da turma de controle e o valor p mostra os efeitos positivos do tratamento realizado. Na questão 6 a média da turma experimental foi maior do que a turma de controle, mas a diferença foi menor do que a observada na questão 4. O valor p nos indica também que os efeitos do tratamento foram significantes.

- 4- As questões 7, 8, 9 tratam de algumas propriedades dos estados líquido e gasoso que podem ser observadas no lançamento de um foguete de garrafa PET com água e ar comprimido. Nas três questões a média da turma experimental foi maior e com o valor p menor do que o parâmetro de comparação, mostrando que há diferença entre as turmas. Atribuímos esses resultados ao tratamento dado na turma experimental, onde fizemos experiências com as seringas para estudar como essas propriedades estão envolvidas no lançamento de foguete de garrafa PET.
- 5- A questão 10 trata especificamente dos estados físicos da matéria. Lembramos que boa parte dos estudantes não tinham conhecimento do plasma como quarto estado. O número de acertos dessa questão aumentou em ambas as turmas, mas observamos que na turma experimental a média foi maior e o valor p indica que essa diferença pode ser atribuída à aula diferenciada. Ressaltamos que não fizemos experiência para verificar o estado plasma na turma experimental, mas sim uma aula com apresentação de slides mostrando situações de como se forma o plasma e como a matéria se encontra nesse estado.
- 6- As questões 11 e 12 envolvem situações em que o estudante seja capaz de localizar e analisar o movimento do centro de massa. Na questão 11 a situação pede ao estudante que localize o centro de massa de um corpo em repouso e na questão 12, que ele identifique o conceito de centro de massa a partir da observação de uma figura que mostre o movimento do centro de massa. Novamente, nas duas questões a turma experimental teve melhor rendimento e o parâmetro de comparação mostrou um valor p que elimina a hipótese nula da diferença entre as turmas. Atribuímos esses resultados ao fato de que a experimentação de equilibrar corpos mudando seu centro de massa, possibilitou aos estudantes da turma experimental ter maior rendimento nessas duas questões.

7- As questões 13 e 14 envolvem situações diferentes sobre o centro de pressão. Na questão 13 foi solicitado ao estudante que marcasse a alternativa relacionada ao conceito de centro de pressão. Os resultados mostram que a média da turma experimental foi um pouco maior do que o da turma de controle, mas o valor p nos permite dizer que o resultado dessa diferença se deve ao tratamento feito em sala. Na questão 14 propomos uma situação em que o estudante tinha que relacionar os conceitos de centro de massa e centro de pressão. O valor p nos informa que a diferença entre as turmas é significativa. A média da turma experimental foi significativamente maior do que a média da turma de controle. Atribuímos esse resultado ao fato de realizamos a experiência de soltar o foguete sem deslocar o centro de massa a uma posição acima do centro de pressão.

Por meio da análise dos resultados do pré e pós teste percebemos que a turma experimental teve melhor rendimento do que a turma de controle em 13 das 14 questões. Lembramos que a finalidade da aplicação do pré e pós-teste é ter um parâmetro de comparação para fazermos uma avaliação quantitativa do desempenho dos estudantes. A análise de covariância nos permite dizer que os resultados do tratamento experimental que fizemos foi significativo e mostrou que esse tipo de intervenção facilita a transposição didática. Observamos nas tabelas de 1 a 4 que o erro padrão foi significativamente baixo. Atribuímos esse resultado ao fato das turmas se mostrarem homogêneas. Em conversa com o professor regente das turmas, nos foi informado que os alunos possuem grau de conhecimento relativamente próximos e esse fato é consequência da dinâmica da escola, onde os alunos se identificam mais com o ambiente escolar e desenvolvem projetos colaborativos e trocam informações de maneira a facilitar a aprendizagem de todos.

4.3. Análise do questionário com itens na escala Likert

Por meio da enquete/questionário foi possível gerar as Tabelas 5 e 6 que apresentam as quantidades de marcações para cada um dos itens Likert.

Tabela 5: Itens Likert – Turma de controle

Turma de Controle	DP	DPA	NCD	CPA	CP	TOTAL	MEDIANA	DProp	CProp	GCp
Item 1	0	0	3	12	9	24	CPA	1,5	22,5	93,8
Item 2	1	1	9	5	8	24	CPA	6,5	17,5	72,9
Item 3	1	1	3	14	5	24	CPA	3,5	20,5	85,4
Item 4	0	0	5	10	9	24	CPA	2,5	21,5	89,6
Item 5	0	1	3	11	9	24	CPA	2,5	21,5	89,6
Item 6	1	0	9	7	7	24	CPA	5,5	18,5	22,9
Item 7	0	1	5	6	12	24	CPA	3,5	20,5	85,4
Soma	3	4	37	65	59	168	-	-	-	-

Fonte: o autor

Tabela 6: Itens Likert – Turma experimental

Turma Experimental	DP	DPA	NCD	CPA	CP	TOTAL	MEDIANA	DProp	CProp	GCP
Item 1	0	0	0	9	12	21	CP	0,0	21	100,0
Item 2	0	0	0	7	14	21	CP	0,0	21	100,0
Item 3	0	0	1	7	13	21	CP	0,5	20,5	97,6
Item 4	0	0	0	5	16	21	CP	0,0	21	100,0
Item 5	0	0	1	7	13	21	CP	0,5	20,5	97,6
Item 6	2	3	8	4	4	21	NCD	9,0	12	42,9
Item 7	0	0	2	8	12	22	CP	1,0	21,0	95,5
Soma	2	3	12	47	84	148	-	-	-	-

Fonte: o autor

Legenda: Itens: lista de sete proposições para avaliar a aprendizagem de conteúdo de física nos foguetes de garrafa PET. Colunas DP – discordo plenamente, DPA – discordo parcialmente, NCD – nem concordo, nem discordo, CPA – concordo parcialmente, CP - concordo plenamente: quantidade de respondentes que optaram pelas colunas do diferencial semântico; TOTAL: quantidade total de respondentes; MEDIANA: coluna dentro do referencial semântico na qual se encontra o respondente; DProp – discordantes da proposição; CProp – concordantes da proposição; GCP – grau de concordância da proposição. Fonte: o autor.

Para o cálculo dos concordantes e discordante de cada proposição (CProp, DProp, respectivamente) utilizamos a proposta de Macnaughton (1996, apud SANCHES; MEIRELES; SORDI, 2011. p. 6) por meio das equações (1).

$$DPro = DP + DPA + NCD/2 \quad CPro = CP + CPA + NCD/2 \quad (1)$$

Para o cálculo do grau de concordância da proposição (GCP), utilizamos o oscilador estocástico de Wilder Jr. (1981, apud SANCHES; MEIRELES; SORDI, 2011. p. 7) dado pela equação (2).

$$GCP = 100 - \left(\frac{100}{\frac{CPro}{DPro} + 1} \right) \quad (2)$$

Segundo (SANCHES; MEIRELES; SORDI, 2011), devemos observar dois pontos importantes no cálculo do grau de concordância da proposição (GCP): primeiramente, devemos, como medida de evitar divisão por zero, acrescentar 0,000001 aos valores de CPro e DPro; segundo, quando o valor esperado de uma resposta na escala Likert for o inverso, ou seja, esperamos que a resposta seja discordo plenamente (DP), invertemos a fração CPro/Dpro na equação (2).

Como parâmetro para a análise dos resultados da escala Likert, utilizamos uma proposta adaptada de Davis (1976, apud SANCHES; MEIRELES; SORDI, 2011, p. 6) que pode ser resumida no quadro 3.

Quadro 3. Grau de Concordância da Proposição

Valor do GCP	Interpretação do GCP
90 ou mais	Forte concordância
80 a 89,99	Concordância substancial
70 a 79,99	Concordância moderada
60 a 69,99	Concordância baixa
50 a 59,99	Concordância desprezível
40 a 49,99	Discordância desprezível
30 a 39,99	Discordância baixa
20 a 29,99	Discordância moderada
10 a 19,99	Discordância substancial
9,99 ou menos	Discordância muito forte

Fonte: Sanches; Meireles; Sordi, 2011, p. 6

Tomando como base essas definições, passamos a analisar o grau de concordância de cada proposição (item) de acordo com o quadro 3:

1.1 Item 1: *A estratégia utilizada pelo professor em sala de aula me ajudou a relacionar o movimento dos foguetes às Leis de Newton.*

Nesse item analisamos como a estratégia de usar o carrinho foguete e o foguete de garrafa PET facilita a transposição didática e colabora com o grau de compreensão dos estudantes em relação às leis de Newton. Nas duas turmas

tivemos uma forte concordância, sendo que na turma experimental obtivemos total concordância. O resultado para o mesmo grau de concordância pode ser explicado devido ao fato de que no instante anterior ao lançamento do foguete, explicamos o seu mecanismo de voo e isso, por si só, já contribui com a transposição didática. Devemos ressaltar que apesar de obtermos o mesmo grau de confiança, a posição da mediana é diferente entre as turmas, pois enquanto na turma experimental (com o valor 12), ficou localizada na posição CP (Concordo Plenamente), na turma de controle (com o valor 10,5) ficou localizada na posição de CPA (Concordo Parcialmente). Esse fato nos indica que as turmas diferem entre si e que a transposição didática teve efeito positivo na turma experimental.

1.2 Item 2: *Compreendi que o centro de massa e centro de pressão são conceitos importantes para o estudo do voo de foguetes.*

Buscamos nesse item a compreensão dos estudantes em relação aos conceitos de centro de massa e centro de pressão e como suas posições se relacionam à estabilidade do voo dos foguetes. Aqui percebemos que o trabalho desenvolvido na turma experimental contribuiu efetivamente para a transposição didática, pois obtivemos um grau máximo de concordância, enquanto na turma de controle esse grau foi apenas de concordância moderada.

1.3 Item 3: *Entendo que uso da água melhora o desempenho do foguete, pois, quando liberamos o gatilho, o ar expande-se e expulsa a água num jato contínuo.*

Nesse item avaliamos o grau de compreensão das propriedades dos líquido e gases estudadas em sala. Encontramos uma diferença relevante entre as duas turmas, mesmo que tenha sido de forte concordância na experimental para concordância moderada na turma de controle, a posição da mediana auxilia na nossa análise, uma vez que sua posição na turma de controle está uma posição inferior à da turma experimental. Acreditamos que o estudo dessas propriedades, feitas com o uso de seringas, para mostrar na prática o que acontece no voo do foguete contribuiu para que a turma experimental tivesse um grau de compreensão maior.

1.4 Item 4: *A estratégia utilizada pelo professor me ajudou a compreender os estados físicos da matéria.*

Esse item tinha como propósito avaliar o grau de compreensão do estudo dos estados físicos da matéria. Trabalhamos em sala de aula com experimentos que demonstravam propriedades dos estados sólido, líquido e gasoso. Não trouxemos experimentos que mostrasse a matéria no estado de plasma, mas tivemos bom aproveitamento pelos debates que fizemos acerca da matéria nesse estado. Na turma experimental, tivemos um forte grau de concordância com a mediana na posição CP (Concordo Plenamente) e uma grau de concordância substancial na turma de controle com a mediana na posição (Concordo Parcialmente). A análise que fazemos é que as posições das medianas e a diferença entre os graus de concordância são resultados da estratégia de trazer experimento para a sala na turma experimental, o que ajudou os estudantes a compreenderem melhor os estados físicos da matéria.

1.5 Item 5: *A estratégia utilizada pelo professor me ajudou a relacionar teoria e prática.*

Buscamos nesse item verificar a relação entre os conteúdos teóricos vistos em sala e o movimento do foguete de garrafa PET durante os lançamentos. Nas duas turmas tivemos graus de concordância bem próximos, sendo máximo na turma experimental. Acreditamos novamente que a proximidade entre os graus de compreensão se deve ao fato das explicações dos mecanismos de voo, no instante anterior aos lançamentos, contribuírem para a transposição didática nas duas turmas. A pequena vantagem a favor da turma experimental, evidenciada por um grau superior de compreensão e pela posição da mediana, pode ser justificada pelo fato de usarmos o foguete de garrafa PET na sala da turma experimental, o que propicia efetivamente a transposição didática que pretendíamos.

1.6 Item 6: *Por meio do esquema de montagem do foguete, quando preenchido com um terço de água e pressurizado, foi possível entender que os gases e os líquidos possuem as mesmas propriedades.*

Esse item é um contraponto na escala Likert, pois sua posição é invertida no sentido de que a resposta mais coerente seria a de discordância total da proposição. Como relatamos, nesse caso invertemos os termos para o cálculo do grau de concordância da proposição na equação (2) e interpretamos seu resultado máximo como sendo o grau de total desacordo da preposição (Dprop). A diferença entre os resultados para esse item é bem significativa entre as turmas. Na turma de controle, o grau de concordância ficou na faixa de discordância moderada com a mediana situada na posição de concordo parcialmente; já na turma experimental o grau ficou na faixa de discordância desprezível com a mediana na casa do termo central CND (nem concordo, nem discordo). Interpretamos esses resultados como sendo satisfatórios, pois ao analisarmos as tabelas (3) e (4), percebemos que o resultado da turma experimental mostrou que os estudantes foram sensíveis à inversão ao responderem o questionário considerando que a mediana ficou na casa do termo central.

1.7 Item 7: A estratégia utilizada pelo professor me ajudou a entender como se dá o lançamento de foguetes espaciais (reais).

Nesse item analisamos se a transposição didática foi efetivamente realizada e como foi percebida pelos estudantes. Observamos uma diferença significativa entre o grau de concordância da turma de controle e da turma experimental, pois enquanto a primeira ficou na casa da concordância substancial, a segunda teve forte concordância. Essa diferença pode ser interpretada como um efeito positivo da abordagem feita em sala de aula na turma experimental. Ao adotar uma metodologia que facilitasse a transposição didática, conseguimos que os estudantes percebessem como o Saber Sábio pode ser discutido em sala de aula de modo que o mundo à sua volta possa ser interpretado de maneira mais simples.

4.4. Análise do questionário dissertativo

Para analisar o questionário dissertativo (Apêndice D), agrupamos as respostas consideradas satisfatórias, para cada questão, e calculamos seus percentuais.

Após esse procedimento destacamos os seguintes pontos:

1. Na questão 1, onde os estudantes tinham que descrever a função do balão com água na ponta do foguete, 33,3% dos estudantes da turma de controle escreveram corretamente no sentido de que esse procedimento desloca o centro de massa para um ponto acima do centro de pressão fazendo que o foguete corrija sua trajetória. Na turma experimental 61,9% dos estudantes responderam nesse mesmo sentido.
2. Na questão 2 perguntamos sobre o papel das aletas no voo do foguete e as duas turmas tiveram índices parecidos. Enquanto na turma de controle foi de 75%, na experimental foi de 76,2%. A proximidade dos resultados pode ser explicada devido ao fato de que, durante os lançamentos, nas duas turmas, alguns foguetes perderam as aletas e saíram da rota. Acreditamos que os estudantes associaram corretamente essa perda de direção à falta de uma das aletas e, conseqüentemente, conseguiram responder corretamente à questão.
3. Nas questões 3, 4 e 5 o percentual de estudantes da turma de controle que tiveram desempenho satisfatório foi de 16,9%. Na questão 3 foi perguntado sobre o desempenho do foguete quando lançado somente com ar comprimido, ou seja, sem acrescentarmos água. O resultado da turma experimental mostrou que 66,7% conseguiram responder de forma satisfatória essa questão. Esperávamos um desempenho maior da turma de controle, pois realizamos esse tipo de lançamento em ambas as turmas de forma que os estudantes pudessem observar o comportamento dos foguetes.
4. Nas questões 4 e 5 o desempenho da turma experimental foi de 47,6 e 33,3%, respectivamente. Em comparação à turma de controle, que teve resultado de 16,9% para as duas questões, estamos em condição de afirmar que a intervenção em sala de aula possibilitou o maior percentual de respostas satisfatórias na turma experimental. Ainda assim, destacamos que o desempenho na questão 5 nos indica que devemos melhorar a abordagem desse assunto em sala de aula.

5. Na questão 6 foi solicitado aos estudantes que escrevessem a respeito do trabalho desenvolvido.

Transcrevemos a seguir trechos de alguns desses depoimentos dos estudantes da turma de controle (Apêndice E):

- - *“Achei o trabalho desenvolvido bastante explicativo e de significado para o nosso conhecimento”.*
- - *“Bem legal, teve base nas leis de newton. E foi uma experiência bem legal”.*
- - *“É um bom trabalho, pois muitas pessoas não compreendem como ocorre o funcionamento de um foguete”.*
- - *“Foi muito interessante aprendi as 3 leis de newton no desenvolvimento e no lançamento de foguete”.*
- - *“Foi um trabalho muito interessante. Esses tipos de atividades fazem com que os alunos se interessam mais”.*

Na turma experimental transcrevemos os seguintes depoimentos (Apêndice F):

- - *“Realmente foi uma proposta interessante, que abriu novas portas para o conhecimento e expandir a curiosidade sobre a física nos foguetes”.*
- - *“Muito interessante, a prática sempre ajuda a fixar a teoria, sendo assim, houve mais aprendizado...”.*
- - *“O trabalho desenvolvido foi bem interessante, sanou minhas dúvidas em questão do que é um foguete e me ajudou também a revisar as Leis de Newton”.*
- - *“Foi um trabalho bem diferente. Em virtude dos fatos mencionados pode-se ver que o simples lançamento de um foguete nos tras [sic] vários conhecimentos como os que vimos.”*

A princípio, essa questão não foi elaborada com o intuito de avaliar a percepção dos estudantes em relação aos conteúdos abordados, mas tão somente queríamos opiniões sobre o desenvolvimento do trabalho. Especificamente, pretendíamos que os estudantes da turma de controle opinassem sobre a dinâmica da oficina de construção

dos foguetes e também sobre seus lançamentos, já que as aulas foram ministradas de maneira tradicional. Na turma experimental, pretendíamos, além dessas, que os estudantes opinassem sobre o tratamento realizado em sala de aula. A maioria dos estudantes, nas duas turmas, relataram que essa prática facilita a aprendizagem e desperta o interesse pelos conteúdos envolvidos. Além disso, percebemos que os estudantes da turma experimental escreveram com maior facilidade e fizeram referências diretas aos conteúdos abordados em sala de aula. Interpretamos essa diferença nos depoimentos como consequência da abordagem que fizemos em sala de aula com experimentos e discussões dos conteúdos de forma a contribuir com a transposição didática.

Vale ressaltar que não registramos críticas quanto à aplicação do trabalho, apenas alguns estudantes deixaram o questionário em branco sem opinar sobre o seu desenvolvimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transposição didática aqui sugerida é uma proposta de levar aos estudantes alguns conceitos de física que podem ser explorados por meio do lançamento de foguetes de garrafa PET, aliada às atividades experimentais que proporcionam ao estudante a aprendizagem de conceitos possibilitando-o interpretar o mundo a sua volta.

Na aplicação dessa pesquisa notamos que os estudantes da turma experimental se mostraram motivados e interessados nas atividades. Participaram ativamente dos debates e das atividades experimentais. Na oficina de construção de foguetes, se mostraram ainda mais entusiasmados com a possibilidade de observar o voo do foguete de garrafa PET construído por eles. Assim, percebemos que a proposta de transposição didática permitiu aos estudantes construir seu conhecimento e fazer relação entre os conteúdos estudados em sala de aula e o conhecimento científico, ou seja, constatamos que o Saber Sábio foi transposto em Saber Ensinado, como propõe Chevallard (1991).

Entendemos também que o papel do professor é facilitar a transposição didática selecionando conteúdos e trabalhando com atividades experimentais que facilitem a transposição didática. Acreditamos assim que o professor pode realizar a primeira transposição didática, que é transformar o Saber Sábio em Saber a Ensinar de forma a facilitar a segunda transposição didática, que é transformar o Saber a Ensinar em Saber Ensinado (MARQUES, 2014).

Verificamos que atividades experimentais, quando trabalhadas de forma investigativa, ou seja, com o estudante participando das descobertas e propondo soluções, contribuem para a aprendizagem seja contextualizada e feita de forma interdisciplinar.

Na nossa pesquisa fizemos três avaliações para observar a transposição didática sob diferentes pontos. Na avaliação quantitativa, os resultados da análise do pré e pós teste mostram a validade da transposição didática, pois a turma experimental teve desempenho relativamente melhor do que o da turma de controle. Observamos que esse tipo de avaliação facilita a observação da aprendizagem em termos quantitativos, quando tratado estatisticamente por meio da análise de covariância (ANCOVA).

Por meio do questionário com itens na escala Likert, analisamos qualitativamente o grau de compreensão dos conteúdos abordados. Os resultados mostraram que a metodologia adotada facilitou a transposição didática dos conteúdos, visto que o grau de compreensão dos estudantes da turma experimental foi maior do que o da turma de controle. Vale destacar que parte significativa dos estudantes da turma experimental observaram a inversão no item 6 do questionário e marcaram conforme esperaríamos, o que não foi observado na turma de controle. Observamos também que esse tipo de questionário é de grande valia para a avaliação qualitativa, pois nos permitiu comparar o grau de compreensão dos conteúdos e assim, afirmar os efeitos positivos da transposição didática proposta nesta pesquisa.

Na terceira avaliação, os resultados dos questionários mostraram também que a turma experimental compreendeu melhor os conceitos estudados e foram capazes de relacionar teoria e prática. Isso mostra a validade da transposição didática aqui proposta, pois foi possível verificar a compreensão do Saber Sábio a partir de atividades experimentais contextualizadas. Ressaltamos que as respostas da turma experimental na questão 6, onde foi pedido aos estudantes que escrevessem sobre suas impressões do trabalho como todo, foram mais detalhadas e coerentes do que as da turma de controle, pois relacionaram o trabalho aos conteúdos estudados e à vida cotidiana. Na turma de controle essa relação foi pouco percebida, pois os relatos dos estudantes foram no sentido mais amplo, fazendo pouca referência aos conteúdos estudados.

Por fim, acreditamos na validade dessa proposta e no desenvolvimento mais completo dessa pesquisa. Várias situações não planejadas surgiram durante as aulas e nos encoraja a dar continuidade. Estudar leis de conservação da energia, do momento linear e angular são propostas que deixamos a partir das situações vivenciadas durante as aulas. Outras possibilidades são: estudar o plasma a partir de seu uso como propulsor de foguetes; estudar trajetórias dos foguetes de garrafa PET; usar os foguetes de garrafa PET com *palitos de luz* nas escolas que tenham turmas no noturno, como forma de atender estudantes que não têm possibilidades de vivenciar essas práticas; estudar os efeitos da resistência do ar nos foguetes de garrafa PET por meio de modelagem matemática.

REFERÊNCIAS

AGRANONIK, M.; MACHADO, L. R. Análise de Covariância: Uma Aplicação a Dados de Função Pulmonar, Ajustados por Idade. **Clinical & Biomedical Research**, v. 31, n. 2, 2011.

ALMEIDA, M. J. P. M. Uma Concepção Curricular para a Formação do Professor de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol. 14, nº 3, 1992.

ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais**: do método à prática construtivista. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, UFC, Florianópolis, 2000.

_____. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

ANDRADE, J.A.N.; LOPES, N.C.; CARVALHO, W. L. P. **Uma análise crítica do laboratório didático de física**: a experimentação como uma ferramenta para a cultura científica. 2009. Trabalho apresentado no 7º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência, Florianópolis, 2009.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciência**: unindo a pesquisa e a prática: ed. São Paulo. Cengage Learning, p. 19-32, 2010

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 64p.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.

CANIATO, R. Com ciência na educação. 3ª reimpressão. São Paulo: Papyrus, 1989.

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

CHEVALLARD, Y.; BOSCH, M.; GASCÓN, J. **Estudar matemáticas**: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem; Tradução de Daisy Vaz de Moraes. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

DANCEY, C. P.; REIDY, J. **Estatística sem matemática**: para psicologia usando SPSS para Windows. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DA ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. REEC: **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, p. 2, 2005.

DAVIS, J. A. **Levantamento de Dados em Sociologia**: uma análise estatística elementar. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

Decolagem ônibus espacial NASA. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=157XAmf1Uo8>. Acesso em: 12 abr. 2015.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GUIMARÃES, G.; SADE, W. Utilizando a transposição didática para introdução do átomo de Bohr no ensino médio. **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, v. 18, p. 1-10, 2009.

HADJI, C. **Avaliação desmistificada**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

Lançamento de ônibus espacial visto de avião. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=DSJu0XGGJ6Q>. Acesso em abr. 2015

MARANDINO, M. **Transposição ou Recontextualização?**: Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, 2006.

MARINS, M.; VIANNA, D. **Propostas de atividades investigativas abordando conceitos básicos de física ondulatória**. Trabalho apresentado no 10º Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Paulo, 2003.

MARQUES, N. L. R. **Transposição Didática dos Saberes**. 2014. Trabalho apresentado no 10º Simpósio Sul-Rio-Grandense de Professores de Ciências e Matemática, Pelotas, 2014.

MARTINS, L. A. C. P. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MELLO, G. N. **Transposição didática**, interdisciplinaridade e contextualização Disponível em: <http://www.namodemello.com.br/pdf/escritos/outros/contextinterdisc.pdf> A acesso em 20 jul, 2015.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1999.

PEREIRA, C. M; NARDI, R. **Análise do desempenho de licenciandos na aplicação de uma proposta de eletrodinâmica no ensino médio**. 5º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru, 2005.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B.P.; **Fundamentos de Pesquisa em Enfermagem**: métodos, avaliação e utilização. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

SANCHES, C.; MEIRELES, M.; DE SORDI, J. O. Análise Qualitativa por meio da Lógica Paraconsistente: Método de Interpretação e Síntese de Informação obtida Por Escalas Likert. **3º Encontro de ensino e pesquisa em Administração e Contabilidade** (EnEPQ). João Pessoa, 2011.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003. Disponível em <https://www.rbcdh.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/6560/6046>. Acesso em: 23 mar. 2015.

SILVA, A. P. O conceito de educação contextualizada na perspectiva do pensamento complexo: um começo de conversa. **Texto apresentado como apoio ao curso de Especialização em Educação Contextualizada para a Convivência. Semiáriodo Brasileiro ofertado pelo CDSA**. Sumé, 2010. Disponível em:

http://plataforma.redesan.ufrgs.br/biblioteca/pdf_bib.php?COD_ARQUIVO=11695.
Acesso em: 19 jul 2015.

SILVA, V. C. L. **A utilização de protótipos de mini-foguetes como estratégia da promoção de aprendizagem significativa das leis do movimento de Newton, em nível médio**. Dissertação (Mestre em Ensino de Ciência) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. A Transposição Didática aplicada a teoria contemporânea: A Física de Partículas elementares no Ensino Médio. **10º Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Londrina, 2006.

SOUZA, J. A. Um foguete de garrafas PET. **A Física na Escola**, v. 8, n. 2, p. 4-11, 2007.

VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: Práticas, Conteúdos e Pressupostos. **Revista de Ensino de Física**, vol. 6, nº 2, 1984. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol06a18.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2014.

APÊNDICE A

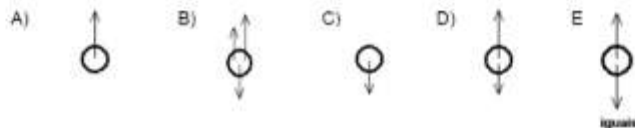
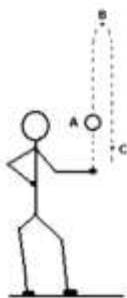
PRÉ E PÓS-TESTE

TESTE SOBRE CONCEITOS DE FÍSICA

O teste contém 14 questões

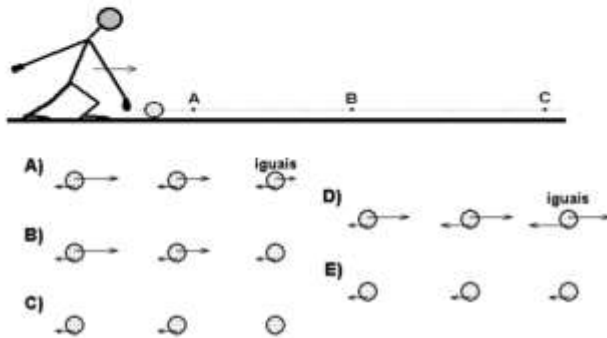
Cada questão possui uma única resposta correta.

- 1) É comum, em filmes de ficção científica, que naves espaciais, mesmo quando longe de qualquer planeta ou estrela, permaneçam com os motores ligados durante todo o tempo de percurso da viagem. Marque a alternativa que você considera correta. Pois esse fato:
- A) Se justifica, porque, se os motores forem desligados, a velocidade da nave diminuirá com o tempo até parar.
 - B) Se justifica, pois para que qualquer objeto se mova, é necessária a ação de uma força sobre ele.
 - C) Se justifica, pois se os motores forem desligados, a nave será desviada, de forma gradativa, de sua rota.
 - D) Não se justifica, pois, uma vez colocada no seu rumo, a nave seguirá até o destino com velocidade constante.
- 2) Um passageiro de um ônibus segura, por meio de um barbante, um balão na vertical (o passageiro e o balão estão em repouso em relação ao ônibus. É correto afirmar que:
- A) Quando o ônibus freia, o balão se desloca para trás.
 - B) Quando o ônibus acelera para frente, o balão se desloca para trás.
 - C) Quando o ônibus acelera para frente, o barbante permanece na vertical.
 - D) Quando o ônibus freia, o barbante permanece na vertical.
- 3) Um menino lança verticalmente para cima uma bola. Os pontos A, B e C identificam algumas posições da bola após o lançamento. É desprezível a força resistiva do ar na bola. No ponto A, quando a bola está subindo, qual dos desenhos melhor representa a (s) força(s) exercida(s) pela bola?

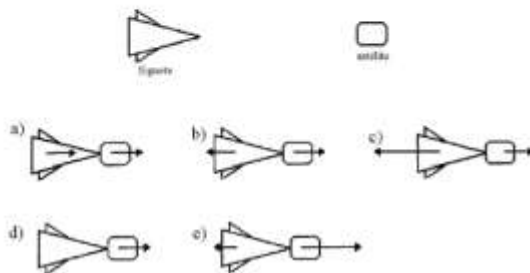


- 4) Um caminhão puxa um reboque acelerado sobre uma estrada horizontal. Você pode afirmar que a força que o caminhão exerce sobre o reboque é, em módulo:
- A) igual à força que o reboque exerce no caminhão
 - B) maior que a força que o reboque exerce no caminhão
 - C) igual à força que o reboque exerce sobre a estrada
 - D) igual à força que a estrada exerce sobre o reboque
 - E) igual à força que a estrada exerce sobre o caminhão

- 5) A figura se refere a um indivíduo que lança com grande velocidade uma bola sobre uma superfície horizontal com atrito. Os pontos A e B são pontos da trajetória da bola após o lançamento, quando a bola já está rolando; no ponto C a bola está finalmente em repouso. As setas nos desenhos seguintes simbolizam as forças horizontais sobre a bola nos pontos A, B e C. Qual dos esquemas melhor representa a (s) força(s) sobre a bola?



- 6) Um foguete está empurrando um satélite danificado que se perdeu no espaço. Marque a alternativa que melhor representa a(s) força(s) que atuam no foguete e no satélite devido apenas à interação entre os dois (direção e sentido do movimento)



- 7) O ar tem a propriedade de ocupar todo o volume de um recipiente adquirindo o seu formato, já que não tem forma própria. Assim podemos fechá-lo em um recipiente com volume determinado e posteriormente provocar-lhe uma redução de volume usando uma força externa. A essa propriedade dá-se o nome de:

- A) difusibilidade.
- B) compressibilidade.
- C) elasticidade.
- D) expansibilidade.
- E) vaporabilidade.

- 8) O ar possui a propriedade de aumentar seu volume e adquirir o formato do recipiente que o contém. Essa propriedade é denominada de:

- A) difusibilidade.
- B) compressibilidade.
- C) elasticidade.
- D) expansibilidade.
- E) vaporabilidade.

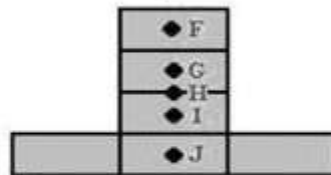
9) Uma das propriedades dos líquidos que tem mais aplicações tecnológicas é a sua propriedade de não diminuir de volume, em condições normais de temperatura e pressão, quando submetido a uma força externa. Esta propriedade é chamada de:

- A) viscosidade
- B) vaporabilidade
- C) incompressibilidade
- D) imponderabilidade
- E) indifusibilidade

10) A respeito do estado físico da matéria, marque a alternativa correta:

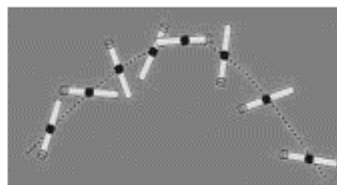
- A) No estado líquido, a matéria pode variar amplamente a forma e o volume.
- B) A matéria se encontra em três estados físicos distintos: sólido, líquido, gasoso.
- C) No estado sólido, as moléculas estão "presas" umas às outras e não há movimento de vibração.
- D) O estado gasoso é o estado onde as moléculas estão relativamente próximas e possuem forma bem definida.
- E) O plasma é o quarto estado da matéria e também o estado em que a maioria da matéria se encontra no universo.

11) Seis peças de um jogo de dominó estão dispostas como na figura. Dos pontos indicados (F, G, H, I, J) o que melhor localiza o centro de massa desse conjunto é:



- A) F
- B) G
- C) H
- D) I
- E) J

12) Na figura vemos que uma série de fotos, tiradas em intervalos bem pequenos, de uma barra de ferro em movimento. Ainda pela figura podemos ver que essa barra descreve uma trajetória parabólica em torno do seu centro de massa, descrita pelo ponto preto.



A respeito do centro de massa é correto afirmar que:

- A) É o ponto onde agem todas as forças sobre a barra de ferro.
- B) É ponto onde a resultante das forças centrípetas que agem sobre a barra de ferro é nula.
- C) É o ponto de equilíbrio das forças gravitacionais que agem sobre a barra de ferro e está relacionado com a massa de cada parte que o compõe.
- D) É o ponto onde está concentrada toda a massa da barra de ferro e todas as forças que atuam na barra também está localizada nesse ponto.

13) O centro de pressão é o ponto de equilíbrio de forças exercidas sobre um foguete e contribui para a correção de sua trajetória. Esse ponto está relacionado à:

- A) Força peso B) Força gravitacional C) Forças aerodinâmicas D) Força de resistência do ar.

14) A figura abaixo mostra o esquema de um foguete destacando dois pontos ao longo do eixo y .



Esses pontos estão relacionados ao centro de massa e ao centro de pressão. Para que tenhamos um voo estável, sem turbulências, é necessário que:

- A) O centro de massa esteja acima do centro de pressão.
B) E centro de massa esteja abaixo do centro de pressão.
C) O centro de massa e centro de pressão estejam no mesmo ponto
D) A estabilidade do voo não depende da posição relativa entre o centro de massa e o centro de pressão.

APÊNDICE B

QUESTIONÁRIO COM ITENS NA ESCALA LIKERT

QUESTIONÁRIO

1. A estratégia utilizada pelo professor em sala de aula me ajudou a relacionar o movimento dos foguetes às Leis de Newton.

1- Discordo plenamente	2-Discordo parcialmente	3-Nem concordo, nem discordo.	4-Concordo parcialmente	5-Concordo plenamente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Compreendi que centro de massa e centro de pressão são conceitos importantes para o estudo do voo de foguetes.

1- Discordo plenamente	2-Discordo parcialmente	3-Nem concordo, nem discordo.	4-Concordo parcialmente	5-Concordo plenamente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Entendo que uso da água melhora o desempenho do foguete, pois, quando liberamos o gatinho, o ar expande-se e expulsa a água num jato contínuo.

1- Discordo plenamente	2-Discordo parcialmente	3-Nem concordo, nem discordo.	4-Concordo parcialmente	5-Concordo plenamente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. A estratégia utilizada pelo professor me ajudou a compreender os estados físicos da matéria.

1- Discordo plenamente	2-Discordo parcialmente	3-Nem concordo, nem discordo.	4-Concordo parcialmente	5-Concordo plenamente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. A estratégia utilizada pelo professor me ajudou a relacionar teoria e prática.

1- Discordo plenamente	2-Discordo parcialmente	3-Nem concordo, nem discordo.	4-Concordo parcialmente	5-Concordo plenamente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Por meio do esquema de montagem do foguete, quando preenchido com um terço de água e pressurizado, foi possível entender que os gases e os líquidos possuem as mesmas propriedades.

1- Discordo plenamente	2-Discordo parcialmente	3-Nem concordo, nem discordo.	4-Concordo parcialmente	5-Concordo plenamente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. A estratégia utilizada pelo professor me ajudou a entender como se dá o lançamento de foguetes espaciais (reais).

1- Discordo plenamente	2-Discordo parcialmente	3-Nem concordo, nem discordo.	4-Concordo parcialmente	5-Concordo plenamente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

APÊNDICE C
QUESTIONÁRIO DISSERTATIVO

AGORA, ESCREVA O QUE VOCÊ PENSA A RESPEITO DAS SEGUINTESS QUESTÕES:

1. Qual a finalidade de colocarmos um pequeno balão com água na ponta do foguete?

2. Qual é a importância das empenas (aletas) para o lançamento dos foguetes?

3. Nos nossos lançamentos, em alguns casos, soltamos o foguete somente com ar pressurizado. Descreva o que acontece com o foguete durante o voo.

4. Qual o princípio físico que explica o voo do foguete?

5. É possível lançar o foguete no vácuo? Explique sua resposta.

6. A seguir, escreva o que você achou de todo o trabalho desenvolvido.

APÊNDICE D

SELEÇÃO DE RESPOSTAS DA QUESTÃO 6 DO QUESTIONÁRIO DISSERTATIVO – TURMA DE CONTROLE

6. A seguir, escreva o que você achou de todo o trabalho desenvolvido.

É um bom trabalho, pois muitas pessoas não compreendem como ocorre o funcionamento de um foguete.

6. A seguir, escreva o que você achou de todo o trabalho desenvolvido.

Bem legal, tem base nas leis de Newton. É foi uma experiência bem legal.

6. A seguir, escreva o que você achou de todo o trabalho desenvolvido.

Curto o trabalho desenvolvido bastante explicativo e de significação para os nossos conhecimentos tanto

6. A seguir, escreva o que você achou de todo o trabalho desenvolvido.

foi muito interessante que de acordo com as leis de Newton, no desenvolvimento e o lançamento do foguete.

6. A seguir, escreva o que você achou de todo o trabalho desenvolvido.

foi um trabalho muito interessante, esses tipos de atividades fazem com que os alunos se interessem mais.

APÊNDICE E

SELEÇÃO DE RESPOSTAS DA QUESTÃO 6 DO QUESTIONÁRIO DISSERTATIVO – TURMA EXPERIMENTAL

6. A seguir, escreva o que você achou de todo o trabalho desenvolvido.

Muito interessante, a prática sempre ajuda a fixar a teoria, sendo assim houve mais aprendizagem, pena que não presenciei a última aula, onde se fez o lançamento do foguete.

6. A seguir, escreva o que você achou de todo o trabalho desenvolvido.

Realmente foi uma proposta interessante, que abriu muitas portas para o conhecimento e expandiu a curiosidade sobre a física nos foguetes.

6. A seguir, escreva o que você achou de todo o trabalho desenvolvido.

O trabalho desenvolvido foi bem interessante, souou muitas coisas em questão do que é um foguete, e me lembrei também a relação as leis de Newton.

6. A seguir, escreva o que você achou de todo o trabalho desenvolvido.

Foi um trabalho bem diferente. Com virtude das falas mencionadas pode-se ver que o simples lançamento de um foguete nos traz vários conhecimentos como os que vimos.

APÊNDICE F

TERMO DE USO DE IMAGEM

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Cara(o) estudante, você está sendo convidada(o) a participar, como voluntária(o), em uma pesquisa desenvolvida no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, do Instituto de Física da Universidade de Brasília [UnB].

É importante frisar que sua participação será resguardada por total anonimato, quando do registro na dissertação de mestrado e, em todas as suas etapas e em divulgações futuras, por qualquer meio.

Para formalizar sua aceitação em fazer parte dessa investigação, o que nos deixará honrados, assine, por favor, ao final deste documento, que terá duas vias. Uma delas ficará em seu poder e a outra com o pesquisador-responsável. Em caso de recusa, o que nos privaria de sua fundamental contribuição, você não será penalizada(o) de forma alguma.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título:

A utilização de foguete de garrafa PET como estratégia de ensino de conceitos de física no ensino médio

Professor pesquisador responsável:

Marcos Antonio da Silva

Nosso trabalho visa contribuir para o estabelecimento de parâmetros necessários ao desenvolvimento de estratégias que preparem, conceitual e metodologicamente, os futuros professores de Física para a atividade docente, com ênfase na aprendizagem significativa, que envolve o tema foguetes de garrafas PET. Assim, serão coletadas informações sobre a temática proposta pelo pesquisador, com a utilização de questionários, gravação das aulas, grupos de discussão para análises posteriores, e ficará desde já garantido o anonimato individual dos participantes.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO

Eu, _____, portador do RG _____ e do CPF _____, abaixo-assinado, concordo em participar da pesquisa acima mencionada. Fui devidamente informado e esclarecido pelo professor pesquisador responsável, Marcos Antonio da Silva sobre a investigação, bem como sobre os procedimentos a serem seguidos, ressaltando-se a garantia plena de meu anonimato em todos os registros atinentes e em toda a produção acadêmica resultante.

Estudante [maior de idade] ou responsável

APÊNDICE G

PRODUTO EDUCACIONAL GERADO



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA

**Conceitos de Física por meio do lançamento de foguetes de garrafa
PET – Roteiro para experimentação**

MARCOS ANTONIO DA SILVA

BRASÍLIA
2015

APRESENTAÇÃO

Prezado Professor,

Este material é fruto de uma pesquisa feita com a utilização de foguetes de garrafa PET como estratégia de transposição didática de alguns conteúdos que podem ser explorados a partir do lançamento desses foguetes. Esse trabalho foi realizado na 3ª série do Ensino Médio como forma de revisão e aprofundamento dos conceitos. Nesse sentido, o trabalho realizado teve um viés qualitativo, buscando uma aprendizagem que pudesse aproximar os estudantes da temática de foguetes. Foram abordados conteúdos tanto da 1ª quanto da 2ª série do Ensino Médio. Na primeira série, foram abordados os conteúdos relativos às Leis de Newton, centro de massa e centro de pressão; na 2ª foram explorados os conteúdos de estados físicos da matéria e suas propriedades.

Trabalhamos na perspectiva de propor atividades experimentais aos estudantes como forma de incentivá-los nas atividades investigativas para que despertem a curiosidade pela Física. Nessa ótica, propomos atividades que favorecem a contextualização e a interdisciplinaridade dos conteúdos.

Trabalhamos também de maneira que essa proposta possa atender aos professores que trabalham em escolas com poucos recursos e carentes infraestrutura como laboratório, sala de vídeo, biblioteca, etc. As atividades aqui propostas podem e devem ser feitas em sala de aula e com a utilização de material de baixo custo.

Por fim, espero que esse material seja realmente usado como forma trazer os conceitos de Física envolvidos no lançamento de foguetes para sala de aula, despertando o interesse dos estudantes e motivando-os aos estudos.

Aos amigos professores, espero que gostem e apliquem!

Marcos Antonio da Silva

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	81
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	83
1.1. Ensino de Física	83
1.2. Transposição Didática	85
2. CONSTRUINDO O FOGUETE DE GARRAFA PET	90
3. CONSTRUINDO A BASE DE LANÇAMENTO DO FOGUETE DE GARRAFA PET.....	95
4. CONSTRUINDO O CARRINHO FOGUETE	98
5. SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS	101
5.1. Atividade 1: Pré-Teste	101
5.2. Atividade 2: Construção e lançamento do carrinho foguete	102
5.3. Atividade 3: Comparando os movimentos do carrinho foguete e do foguete de garrafa PET.....	103
5.4. Atividade 4: Além das Leis de Newton: parte 1.....	104
5.5. Atividade 5: Além das Leis de Newton: parte 2	106
5.6. Atividade 6: Oficina de construção do foguete de garrafa PET.....	109
5.7. Atividade 7: Lançamento do foguete de garrafa PET	110
5.8. Atividade 8: Retomando os conteúdos	111
6. PALAVRA FINAL.....	112
7. SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA O PRÉ E PÓS-TESTE	113
REFERÊNCIAS	119

INTRODUÇÃO

Ao analisarmos os conteúdos de Física nos currículos escolares do Ensino Médio, percebemos o distanciamento entre aquilo que se ensina e a realidade fora da sala de aula. Esse distanciamento entre os conteúdos presentes na escola e a vivência dos estudantes contribui para a estigmatização da Física como uma disciplina muito difícil, pois os saberes presentes na escola são desatualizados e carentes de significação. A excessiva matematização da Física em sala de aula também é um fator determinante para essa falta de significado, visto que esse procedimento não colabora com a aprendizagem de conceitos e não favorece os aspectos qualitativos do ensino de Física. Outro fator que contribui nesse sentido é a falta de experimentação na escola, seja por falta de estruturas de laboratórios, seja por falta de propostas que incorporem a experimentação como método de investigação, simulação ou, até mesmo, de verificação.

Uma forma de dar significado a esses conteúdos é trabalhar de maneira contextualizada e interdisciplinar. Para isso, fizemos uma proposta de estudar alguns conceitos de Física que podem ser explorados no lançamento de foguetes de garrafa PET. Essa abordagem traz várias vantagens no desenvolvimento dos conteúdos em relação ao modelo tradicional. Dentre elas podemos destacar que:

- os foguetes de garrafa PET despertam a curiosidade dos estudantes e a vontade de aprender, fatores que contribuem para a aprendizagem;
- utiliza material de baixo custo e de fácil aquisição;
- a construção dos foguetes é simples e durante sua montagem os estudantes aprendem na prática seu funcionamento relacionando-o aos conteúdos teóricos;
- favorece a troca de informações entre os estudantes, o que contribui com uma aprendizagem colaborativa;
- favorece a Transposição Didática de conteúdos, ou seja, a transformação do conhecimento científico em conhecimento estudado na sala de aula.

Com essa prática, estamos em consonância com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias que estabelecem as competências e habilidades a serem desenvolvidas no ensino de

Física (BRASIL, 1999, p. 23). Essas competências abrangem: a representação e a comunicação para que o estudante utilize de forma apropriada o modelo e a linguagem física; a investigação e compreensão como forma de compreender o mundo à sua volta e desenvolver habilidades de investigação; e, por fim, contextualização sociocultural que permite a visão da Física como uma das formas de representação da cultura humana.

O objetivo dessa proposta é realizar a transposição didática de conteúdos presentes no lançamento de foguetes. Assim, apresentamos um material que ajude o professor a discutir a temática foguetes em sala de aula de maneira contextualizada de forma que os estudantes possam compreender alguns conceitos de física envolvidos no movimento de foguetes por meio de protótipos construídos com garrafa PET. Ressaltamos que delimitamos esse trabalho ao estudo das Leis de Newton, propriedades dos estados físicos da matéria, centro de massa e centro de pressão. Essa delimitação se deve ao fato optarmos por conteúdos que possam ser facilmente explorados no lançamento de foguete de garrafa PET

Para tanto, esse material é composto por uma sequência didática na forma de guia para o professor utilizar em sala de aula. Neste guia, além dos roteiros das aulas, deixamos também orientações para elaboração dos experimentos, orientações para a montagem da plataforma de lançamento dos foguetes de garrafa PET, guia da oficina de confecção dos foguetes, regras de segurança e sugestões para o professor ir além do que fizemos aqui.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. Ensino de Física

As aulas de Física são predominantemente expositivas seguindo o modelo tradicional. Esse tipo de aula centrado no professor e não no aluno (OSTERMANN; MOREIRA, 1999) utiliza poucas estratégias de ensino e são focadas no uso excessivo de fórmulas matemáticas, o que ocasiona o desinteresse dos estudantes pelos conteúdos de Física. Segundo Ostermann e Moreira (1999, p. 28), as aulas de Física são ministradas seguindo uma sequência de apresentação do conteúdo no quadro negro e, em seguida, de resolução de problemas. Ao final do processo, é aplicada uma prova onde o estudante tem que repetir os cálculos feitos na resolução dos problemas.

O papel do professor nesse processo é preencher as lacunas dos alunos (VILLANI, 1984, p. 76) demonstrando fórmulas e expondo as leis físicas.

Esse processo colabora com a aprendizagem mecânica, pois trazem conteúdos abordados fora da realidade dos estudantes.

Esse modelo não contribui para a construção do conhecimento, pois não leva em consideração o cotidiano dos estudantes. É um modelo que já teve suas finalidades, mas está ultrapassado (BRASIL, 1999, p. 22).

É preciso mudar a forma de ensinar Física de maneira que o estudante possa participar efetivamente da construção do seu conhecimento e possa compreender e interpretar o mundo a sua volta.

O ensino de Física deve ser repensado de maneira que se faça mudanças no tipo de abordagem que atualmente está em curso na maioria das escolas. Essas mudanças devem ser feitas no sentido de criar situações para que os estudantes possam fazer leituras do mundo (FREIRE, 1987) atendendo às suas necessidades de perceber, compreender e organizar fatos e fenômenos à sua volta (BRASIL, 1999, p. 24). Para que essas necessidades sejam atendidas não é necessário que se criem novos tópicos de conteúdo, mas sim dar novas dimensões ao currículo de Física de

forma que promova um currículo contextualizado e integrado à vida dos estudantes (BRASIL, 1999, p. 23).

O ensino de Física por meio da aprendizagem mecânica despreza o uso da experimentação como meio de aprendizagem e dificulta a interpretação de fenômenos físicos presentes no cotidiano dos estudantes. Estudar Física baseado nesse modelo, segundo Caniato “é como fazer um curso de natação por correspondência” (1989. p. 38). Muitos estudantes não gostam de Física porque ela é ensinada nesse modelo desvinculado da realidade, baseada somente na aplicação de fórmulas matemáticas.

Para contornar esses problemas, podemos fazer uso da experimentação. As possibilidades que a experimentação traz para a aprendizagem são inúmeras, pois permitem que os estudantes reflitam significativamente sobre os mecanismos que regem as leis físicas ao mesmo tempo que fazem descobertas enriquecedoras dos conteúdos das aulas teóricas. Para que a experimentação seja eficiente na aprendizagem ela precisa ser feita na ótica de propor atividades investigativas.

Segundo Gil e Castro (1996, apud CARVALHO, 2010, p. 23) as atividades investigativas possuem algumas características que podem ser resumidas em:

1. apresentar situações problemáticas abertas;
2. favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;
3. potencializar análises qualitativas significativas, que ajudam a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
4. considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, sendo esse processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as concepções dos estudantes;
5. considerar as análises, com a tenção no resultados (sua interpretação física, confiabilidade, etc.), de acordo com os conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipes;
6. conceder uma importância especial às memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate atividade científica;

7. ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

A atividade investigativa fornece condições para que o estudante desenvolva competências e habilidades para analisar e interpretar situações rotineiras. Como dissemos antes, essas atividades não precisam necessariamente ser feitas no laboratório, mas em qualquer ambiente, incluindo a sala de aula. Isto possibilita aos professores propor atividades em escolas com pouca estrutura de laboratórios dando significado ao ensino de Física

Devemos ressaltar que Azevedo (2010, p. 25) classifica as atividades investigativas em quatro categorias que resumimos no quadro abaixo:

Quadro 1 - Classificação das atividades investigativas

Tipo de atividade investigativa	Objetivo principal
Demonstrações Investigativas	Ilustrar a teoria com experiências a partir da apresentação de um problema ou fenômeno a ser estudado.
Laboratório Aberto	Buscar a solução de um problema por meio de uma experiência.
Questões Abertas	Propor fatos do cotidiano dos estudantes que podem ser explicados por argumentos e construções de aulas anteriores.
Problemas Abertos	Discutir as possibilidades e soluções de situações gerais apresentadas aos estudantes.

Fonte: Adaptada de Azevedo (2010, p. 25)

1.2. Transposição Didática

A Transposição Didática é o meio pelo qual o Saber Sábido, aquele contido no universo científico, é transposto, traduzido em Saber a Ensinar dos currículos e livros didáticos e, também, em Saber Ensinado que aparece no cotidiano da vida escolar. Nestes termos, ela tem a função de levar o conhecimento científico produzido por pesquisadores à sala de aula, numa linguagem que seja acessível aos estudantes, mas sem perder seu significado, sem ser uma simplificação do conhecimento. A transposição didática permite que o currículo escolar seja baseado na realidade dos

fenômenos, ou seja, baseado no que se traduz das pesquisas acadêmicas para a sala de aula e também nas aplicações tecnológicas dessas pesquisas.

No ensino de Física, a transposição didática pode exercer um papel importante ao possibilitar que o conhecimento científico seja traduzido na linguagem dos estudantes e faça parte da realidade escolar, pois os currículos, os livros didáticos e as ações pedagógicas do Ensino Médio não contemplam de forma significativa o Saber Sábio. A necessidade de transpor o conhecimento científico surge com a necessidade de atualização curricular na escola e da interpretação física, na linguagem dos estudantes.

Na transposição didática o conceito de noosfera é fundamental. A noosfera é um ambiente onde as ideias de todos os agentes vinculados à educação se convergem para o Saber Ensinado (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 5) e é responsável pela mediação entre a sociedade e o sistema de ensino e por levar o Saber Sábio às escolas.

A noosfera é formada por “cientistas, educadores, professores, políticos, autores de livros didáticos, pais de alunos, entre outros” (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 5).

A sala de aula, neste contexto, passa a ser um retrato da realidade com os conteúdos relacionados à vida prática dos alunos. A transposição didática leva os saberes à sala de aula e a noosfera assume o papel de seleção daquilo que será transposto para essas salas, já que nem todos os saberes farão parte do domínio escolar.

Outro conceito importante na transposição didática de Chevallard, é o Saber Sábio, o Saber a Ensinar e o Saber Ensinado que são as “esferas ou patamares do saber” (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 5). Essas esferas atendem aos interesses de grupos sociais distintos de acordo com suas necessidades e de mudança no saber.

O Saber Sábio é o saber relacionado ao campo científico, ou seja, é o saber da comunidade científica presente nas universidades, livros científicos etc. É o saber da esfera acadêmica que deve ser transposto, traduzido, para as outras esferas.

O Saber Ensinado é o saber levado à sala de aula. Nas palavras de Alves Filho (2000, p. 221) “é o produto didático resultante de uma transposição didática” no ambiente escolar. Brockington e Pietrocola, destacam que o Saber Ensinado “é o saber registrado no plano de aula do professor e que não necessariamente coincide com aquele previsto nos programas ou livros didáticos”. Isto porque, ao fazer seu plano de aula, o professor necessita realizar adaptações de forma que as necessidades e prioridades dos seus estudantes sejam atendidas.

A transposição didática possui algumas características que devem ser destacadas. Brockington e Pietrocola (2005) elenca essas características para que determinado saber esteja presente nos livros didáticos e nas salas de aulas. Essas características podem ser resumidas, tomando esses autores como referência, como segue:

- A primeira característica afirma que a transposição do Saber Sábido para o Saber Ensinar deve ser consensual, ou seja, esse saber deve ser, ou ter status de verdadeiro.
- A segunda característica diz respeito a atualidade que é dividida em duas partes: atualidade moral, que deve ser adequada à sociedade de maneira que seja importante e necessária à comunidade; e a atualidade biológica que deve possuir uma atualidade com a ciência praticada.
- Outra característica destacada pelos autores é a operacionalidade do Saber a Ensinar, ou seja, a transposição didática deve ser capaz de gerar exercícios e atividades que levem a uma avaliação objetiva.
- A criatividade didática implica em um saber com identidade própria no contexto escolar de forma que o objeto de ensino tem que guardar uma relação com o objeto de conhecimento do Saber Sábido.
- Por fim, a característica terapêutica, que tem uma finalidade pragmática, pressupõe que só os objetos de ensino que deram certos devem permanecer na escola, ou seja, há uma característica de renovação, dentro da transposição didática, dos objetos de aprendizagem.

Para Chevallard (1991 apud MARQUES, 2005) a característica terapêutica é essencial dentro da transposição didática e a define como sendo um teste in loco que é fundamental para a sobrevivência dos saberes nos domínios do ensino.

A transposição didática permite que o conhecimento científico seja transformado, transposto, para a sala de aula sob algumas regras que são inerentes a esse processo. Alves Filho (2000b) destaca cinco regras para que a transposição didática constitua “um excelente instrumento para a leitura e análise do processo transformador do saber científico”. Relacionamos essas regras abaixo de forma resumida: modernização do saber escolar; atualizar o Saber a Ensinar; articular saber “velho” com o saber “novo”; transformar um saber em exercícios e problemas; e, finalmente, tornar um conceito mais compreensível.

A interdisciplinaridade e a contextualização são recursos para operacionalizar a transposição didática. Primeiramente, a ciência, de uma forma geral, não é disciplinar, ou seja, não há fenômenos isolados em um só contexto de uma disciplina do conhecimento. O que fazemos na educação é desfragmentar a ciências em suas diversas esferas do saber no que denominamos disciplina do conhecimento e, assim, estudar cada parte isoladamente. O problema dessa desfragmentação é que muitos conteúdos perdem o sentido no contexto escolar, pois não há uma relação entre as disciplinas. A interdisciplinaridade possibilita que esses conteúdos sejam estudados dentro do contexto das várias disciplinas que o compõem. É nesse sentido que a interdisciplinaridade é um recurso indispensável à transposição didática.

Segunda Silva (2010) a contextualização é o processo que possibilita a problematização dos objetos de estudos dentro dos conteúdos curriculares de forma a vinculá-los com a realidade e o contexto. A contextualização no ensino “significa incorporar vivências concretas e diversificadas, e também incorporar o aprendizado em novas vivências” (MELLO, 2012).

Dessa forma, entendemos que interdisciplinaridade e contextualização são instrumentos operacionais importantes para a transposição didática.

Da Rosa e Rosa (2005) explicam que a transposição didática relacionada ao ensino de Física “busca uma combinação entre o conhecimento científico, produzido entre os elaboradores da ciência, e o que de fato possa ser compreendido pelos alunos” e ressaltam ainda a importância do professor no processo de transposição didática dos conteúdos de Física.

A tomada de consciência por parte do professor acerca desse processo lhe permitirá uma melhor adequação do saber que chega à escola a um saber a ser ensinado aos alunos. Nesse sentido, a sua busca permanente por uma atualização, a retomada reflexiva na sua ação docente e a flexibilidade nas discussões em torno do fazer pedagógico lhe permitirá atingir mais rapidamente o seu objetivo no processo ensino-aprendizagem. A preocupação constante com o ensino da Física e a melhor maneira de aproximá-lo dos alunos lhe fornecerá o suporte necessário para que a Física perca o status de disciplina odiada por todos aqueles que dela se aproximam (DA ROSA; ROSA, 2005).

O engajamento do professor é essencial para que ocorra a transposição didática do Saber Sábio para o Saber Ensinado. Trabalhar com conteúdos de forma diferenciada faz com que o ensino de Física se torne significativo para estudante. A transposição didática na sala de aula é uma possibilidade de dar significado aos currículos escolares e fazer com os estudantes realmente compreendam o papel da escola na formação cidadã.

2. CONSTRUINDO O FOGUETE DE GARRAFA PET

OBJETIVO

Construir o foguete de garrafa PET a ser lançado pelos alunos.

JUSTIFICATIVA

O foguete de garrafa PET é fundamental nessa proposta, pois, por meio dele, o professor poderá trabalhar os conteúdos referentes às Leis de Newton, propriedades físicas dos líquidos e dos gases e os conceitos de centro de massa e centro de pressão. Esse foguete será utilizado nas atividades de número 3 a 6 das sequências didáticas dessa proposta (Capítulo 5). É importante que o professor construa o foguete antes do início das atividades para ser usado na sala de aula e também como forma de se familiarizar com os procedimentos de montagem e solucionar possíveis problemas na sua construção.

MATERIAL

- ✓ 2 garrafas PETs de mesmo volume. Dê preferências às garrafas que tenham bicos tipo cone, por terem geometria que ajude na aerodinâmica.
- ✓ Fita adesiva transparente.
- ✓ Tesoura
- ✓ Estilete
- ✓ Papelão
- ✓ Molde das aletas
- ✓ Régua.
- ✓ 1 balão nº 5 ou 6

MONTAGEM

Seu foguete de garrafa PET tem as seguintes partes (Figura 1):

- Coifa (ponta do foguete)
- Câmara de compressão (tanque de combustível)
- Aletas (empenas)
- Tubeira

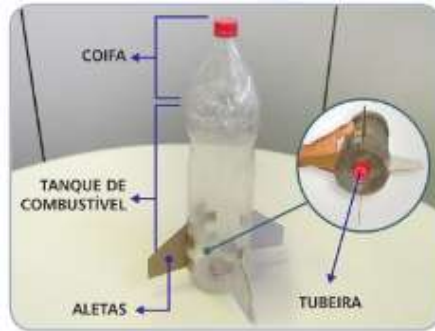


Figura 1: Partes do foguete de garrafa PET

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 1) Reserve uma das garrafas para ser a câmara de compressão.
- 2) Corte a outra garrafa na marca cilíndrica superior de forma a separar a parte cônica que será a coifa. Em seguida cole com a fita adesiva essa parte cônica no fundo da outra garrafa que não foi cortada (Figura 2). Procure deixar a coifa mais alinhada o possível com o eixo maior da garrafa.



Figura 2: Montagem da coifa do foguete

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 3) Corte 10 cm da garrafa para ser usado como a “saia” do foguete (Figura 3).



Figura 3: Preparando a saia do foguete

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 4) Fixe essa saia na parte debaixo do foguete de maneira que a tampa fique de fora.



Figura 4: Preparando a saia do foguete

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 5) Faça 4 aletas com as dimensões do modelo abaixo:

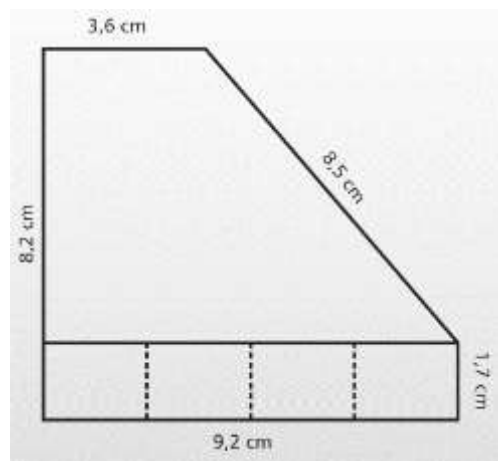


Figura 5: Modelo de aleta

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 6) Recorte nas linhas pontilhadas e dobre as abas conforme a figura abaixo:



Figura 6: Confeção das aletas

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 7) Fixe as aletas na saia do foguete de maneira a deixar uma separação de 90° (Figura 7).



Figura 7: Montagem das aletas

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 8) Encha o balão com um pouco de água e prenda com a tampa da coifa do foguete. Esse procedimento (descrito nas atividades 5 e 8 das sequências didáticas) é necessário para deslocar o centro de massa acima do centro de pressão a fim de evitar que o foguete gire em torno do centro de massa (Figura 8).



Figura 7: Montagem do balão com água

Fonte: o autor

Seu foguete está pronto para ser lançado.



Figura 8: Foguete pronto
Fonte: o autor

3. CONSTRUINDO A BASE DE LANÇAMENTO DE FOGUETES DE GARRAFA PET

Prezado professor, seguem abaixo instruções para a construção de plataforma de lançamento do foguete de garrafa PET. Escolhemos um modelo, dentre os vários existentes, de forma que ofereça segurança para ser usada com estudantes de todas as idades.

MATERIAL PARA A CONSTRUÇÃO

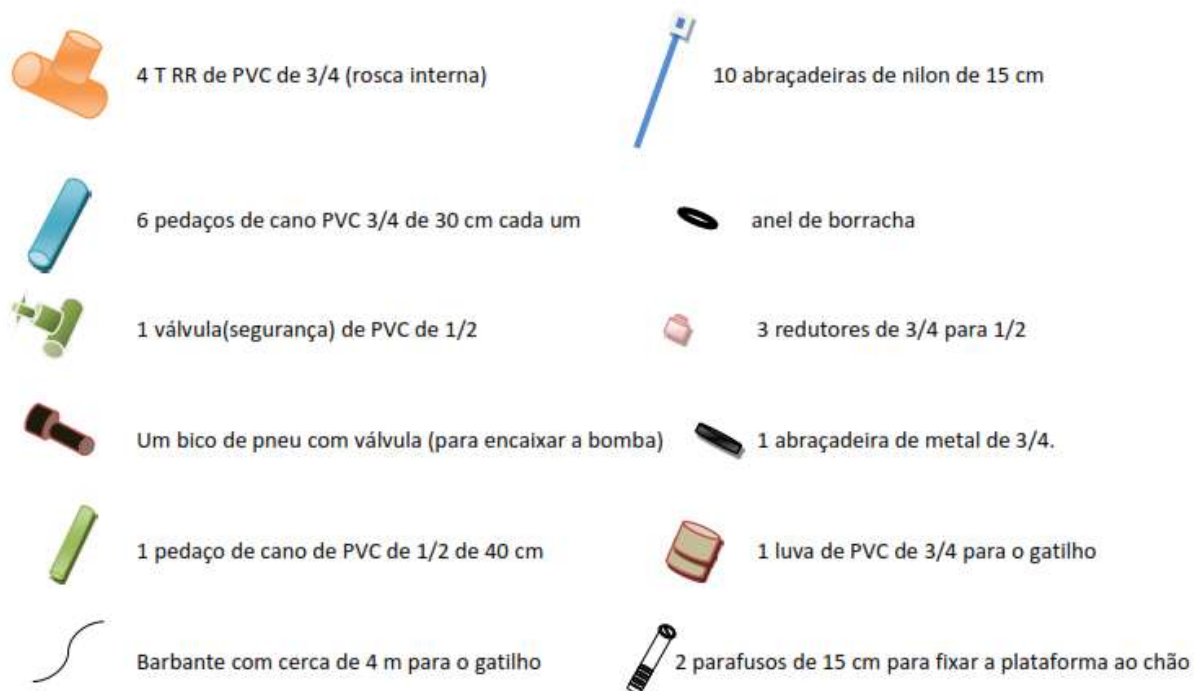


Figura 1: Material para a construção da plataforma de lançamento de foguete de garrafa PET.
Fonte: o autor

MATERIAL PARA MONTAGEM

- ✓ Fita isolante
- ✓ Borracha de câmara de pneu (de bicicleta)
- ✓ Cola silicone
- ✓ Tarraxa de 3/4 e de 1/2 (para fazer as roscas)
- ✓ Segueta (serra para cano)
- ✓ Fita veda-rosca

MONTAGEM

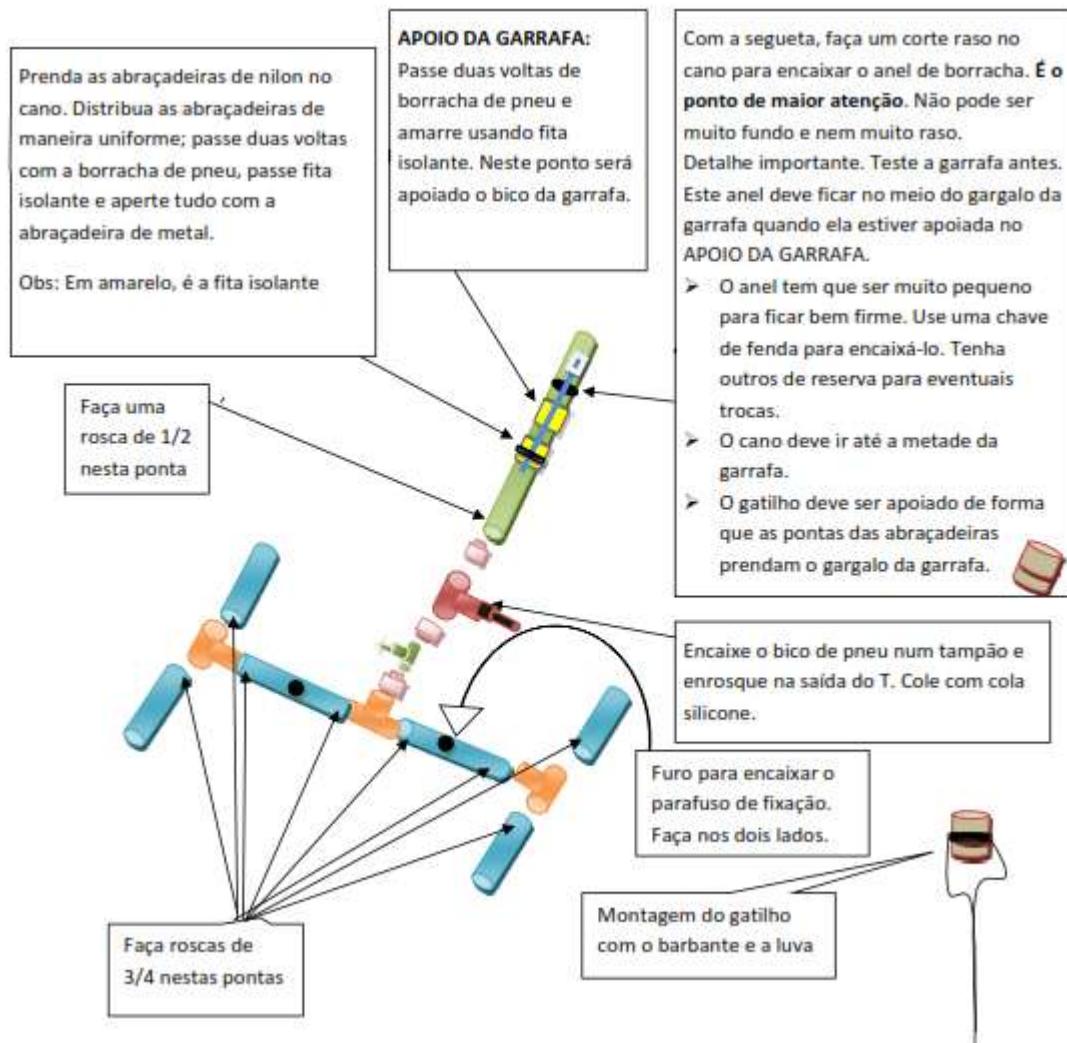


Figura 2: Montagem da base de lançamento
Fonte: o autor

- Encaixe todas as peças conforme a figura.
- Sua base é toda desmontável. Porém, não costumamos desmontar o eixo vertical para evitar vazamentos. Só desmontamos os canos de cor azul com os Ts das laterais.
- Use veda-rosca em todos os encaixes do eixo vertical para não vazar ar e água.
- Use uma bomba com medidor de pressão (manômetro simples)
- Como medida de segurança e longa vida da sua bomba, procure não ultrapassar 80 psi de pressão.
- Só solte foguete em áreas isoladas e não deixe crianças próximas à base de lançamento se estiver pressurizado.
- Se o foguete não sair, abra a válvula de segurança para despressurizar a garrafa.



Figura 3: Foguete montado na base
Fonte: o autor

Dicas:

- Para montar o bico de encaixe da bomba, você pode usar também um redutor (3/4 para 1/2) e um redutor de 1/2 para 3/8 (redutor para mangueira de jardim) no lugar do tampão. Para isto corte a parte longa de encaixe da mangueira e coloque o bico com válvula de dentro para fora. Do lado de fora, coloque uma arruela de borracha e prenda com uma porca e depois vede a parte interna com cola silicone.
- Para outras instruções de montagem, consulte o Manual Mão na Massa – Foguetes do Programa AEB-Escola disponível no site abaixo:
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

4. CONSTRUINDO O CARRINHO FOGUETE

OBJETIVO

Construir o carrinho foguete para ser usado em sala de aula.

JUSTIFICATIVA

O uso do carrinho foguete é uma excelente oportunidade para discutir as Leis de Newton em sala de aula e sua construção é muito simples, além de despertar o interesse dos alunos. Na atividade 2 das sequências didática (Capítulo 5) descrevemos como o carrinho pode ser usado para introduzir os conceitos de inércia, força e as Leis de Newton.

MATERIAL

- ✓ Papelão
- ✓ Régua
- ✓ Tesoura
- ✓ Balão de festa
- ✓ 2 palitos de churrasco
- ✓ 2 canudinhos (não muito finos)
- ✓ 4 tampinhas de garrafa
- ✓ Fita adesiva transparente

MONTAGEM

- Corte um pedaço de papelão como mostrado na figura 1

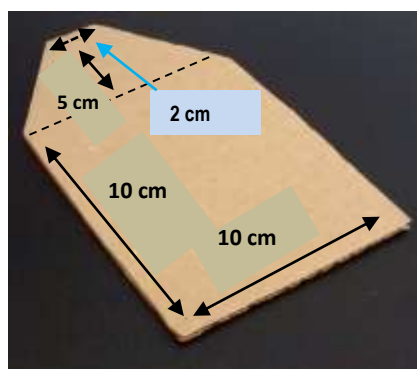


Figura 1: Base para o carrinho foguete
Fonte: o autor

- Corte os canudinhos com tamanho de 12 cm e cole-os na base do carrinho (Figura 2)

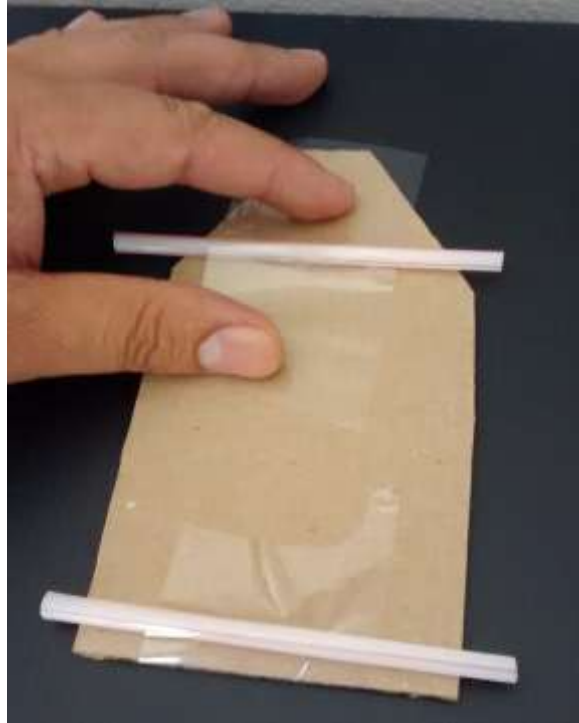


Figura 2: Colando o canudinho na base do carrinho foguete
Fonte: o autor

- Faça um furo nas tampinhas e coloque os palitos, depois passe os palitos pelos canudinhos e coloque as outras tampinhas. Ao final, vire o carrinho como mostrado na figura.

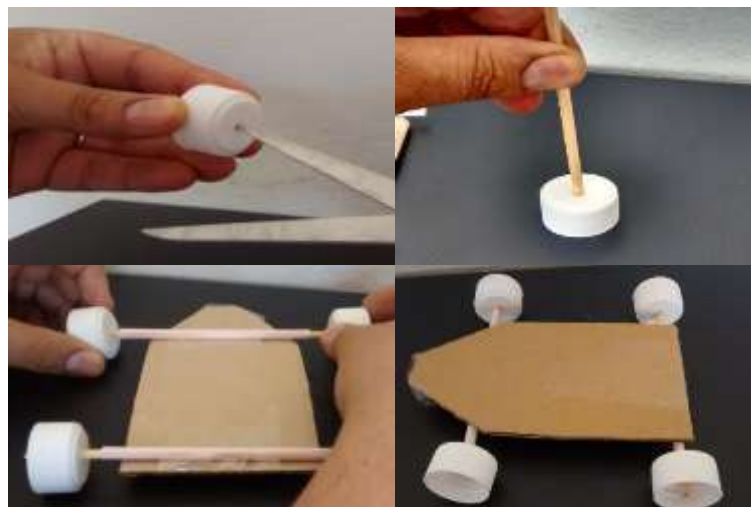


Figura 3: Montagem do carrinho foguete
Fonte: o autor

- Corte um pedaço de papelão medindo 20 cm por 4 cm e dobre-o ao meio. Depois dobre 2 cm em cada ponta conforme mostrado. Faça um furo na parte superior e depois cole-o sobre o carrinho conforme mostra a figura.



Figura 3: Montagem do suporte para o balão
Fonte: o autor

- Seu carrinho está pronto. Para colocá-lo em movimento, passe o balão pelo furo, encha-o e prenda a boca do balão para não escapar o ar. Solte o carrinho e observa o movimento.



Figura 4: Carrinho foguete montado
Fonte: o autor

5. SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

As aulas foram elaboradas de maneira a facilitar a transposição didática dos conteúdos abordados. Utilizamos atividades experimentais para que os estudantes pudessem entender o processo de construção do conhecimento, de maneira contextualizada e interdisciplinar.

Atividade 1 – Pré-teste

Objetivo: identificar o conhecimento prévio dos estudantes a respeito dos conteúdos a serem abordados.

O teste é elaborado com 14 questões de múltipla escolha. Sendo 6 sobre as Leis de Newton, 4 sobre estados e as propriedades dos estados físicos da matéria e 4 sobre centro de massa e centro de pressão.

As questões do teste buscam identificar os conhecimentos dos estudantes em relação aos conceitos de:

1. Inércia e suas implicações no movimento de objetos (questões 1 e 2).
2. Forças que atuam sobre um objeto em movimento (questões 3 e 5).
3. Forças de ação e reação, considerando a direção, sentido e intensidade (questões 4 e 6)
4. Propriedades dos gases e líquidos (questões 7, 8 e 9).
5. Estados físicos da matéria (questão 10)
6. Equilíbrio e rotação de corpos rígidos em torno do centro de massa (questões 11 e 12)
7. Conceito e localização do centro de pressão (questões 13 e 14)

O teste deve ser aplicado antes do início dos conteúdos e usados como ponto de partida para a elaboração das próximas aulas.

Duração da atividade: 1 aula

Atividade 2 – Construção e lançamento do carrinho foguete

Objetivo: construir e usar o carrinho foguete como material de apoio a uma atividade investigativa.

Construa o carrinho foguete com os estudantes. Lembre-se de pedir previamente o material necessário (descrito no item 4), caso não tenha disponível na escola.

Com o carrinho pronto, faça os questionamentos:

- a) Qual a situação inicial do carrinho foguete?
- b) O que tem que acontecer para ele entrar em movimento?
- c) Que posição devemos colocar o balão para o carrinho se mover para a frente?

Peça aos estudantes que soltem os carrinhos e observem o movimento e promova um debate a respeito das leis de Newton.

Duração da atividade: 1 aula

Atividade 3 – Comparando os movimentos do carinho foguete e do foguete de garrafa PET

Objetivo: Relacionar o movimento do carrinho foguete e do foguete de garrafa PET observando as leis de Newton.

Em um local seguro, laboratório, pátio, etc., coloque o foguete na base de lançamento sem usar água e sem usar as travas de segurança (esta atividade pode ser feita em segurança, pois o foguete sairá da base com baixa pressão). Pressione até que o foguete saia da base.

Após esta atividade, faça os seguintes questionamentos:

- a) Que relação há entre o movimento do carrinho foguete e do foguete de garrafa PET?
- b) Quais os princípios físicos envolvidos no lançamento de foguete de garrafa PET?
- c) Qual a relação entre o foguete de garrafa PET e os foguetes espaciais?
- d) É possível compreender as leis físicas no lançamento dos foguetes espaciais por meio de um foguete de garrafa PET?
- e) O que é diferente nos dois lançamentos?

Mostre os vídeos de lançamento de foguetes espaciais abaixo:

1. Decolagem ônibus espacial NASA:

<https://www.youtube.com/watch?v=157XAmf1Uo8>

2. Lançamento de ônibus espacial visto de avião:

<https://www.youtube.com/watch?v=DSJu0XGGJ6Q>

Debata com os estudantes sobre as leis de Newton nos voos dos foguetes.

Sugestões de aprofundamento do conteúdo:

Discuta o Programa Espacial Brasileiro utilizando a apresentação “O espaço ao redor” feita por José Bezerra Pessoa Filho (IAE/DCTA), disponível em:

<http://aebescola.aeb.gov.br/index.php/repositorio/apresentacoes>

Duração da atividade: 2 aulas

Atividade 4 – Além das leis de Newton – parte 1

Objetivo: Usar o foguete de garrafa PET para estudar os estados físicos da matéria e algumas de suas propriedades.

Para estudar os estados físicos da matéria, inicialmente, faça o seguinte questionamento:

Quais são os estados físicos da matéria?

Geralmente, os estudantes apontam 3 estados. Se for necessário, proponha então o quarto estado e discuta as propriedades de cada um deles, enfatizamos que o plasma é o estado predominante na matéria visível do universo.

Imprima o texto *Foguete de plasma 'pode ir a Marte e voltar em 90 dias'* disponível no link abaixo e faça uma discussão do uso de plasma nos foguetes.

http://www.bbc.com/portuguese/ciencia/story/2004/10/printable/041020_martecl.shtml

Mostre o vídeo de animação *Foguete de plasma vai à Marte em 90 dias* disponível no link abaixo:

<https://www.youtube.com/watch?v=bScPGH-jwyA>

Para estudar algumas propriedades dos gases e líquidos, mostre que o foguete de garrafa PET utiliza água e ar comprimido. Depois faça o seguinte questionamento:

Por que utilizamos água e não somente ar comprimido?

A partir desse questionamento, discuta sobre as propriedades dos gases e líquidos dando ênfase à incompressibilidade dos líquidos e elasticidade do ar. Para mostrar essas propriedades utilize uma seringa (sem agulha) de 20 ml.

Para estudar a elasticidade do ar, peça a um dos estudantes que puxe o êmbolo, tapando o bico da seringa, empurre o êmbolo e, em seguida, solte-o, sempre mantendo o bico da seringa tapado. Peça-os que observem o êmbolo e faça os questionamentos:

a) Por que o êmbolo é empurrado para trás?

b) Qual a propriedade dos gases que explica essa ação?

Em seguida, coloque água na seringa de forma que não sobre espaço vazio entre a água e o êmbolo. Peça a um dos estudantes que empurre o êmbolo e depois faça os questionamentos:

a) Por que agora não conseguimos empurrar o êmbolo?

b) Qual a propriedade dos líquidos explica esse comportamento?

Após esse experimento, promova um debate sobre o porquê de se utilizar água e ar comprimido no lançamento dos foguetes de garrafa PET

Duração da atividade: 2 aulas

Atividade 5 – Além das leis de Newton – parte 2

Objetivo: Usar o foguete de garrafa PET para estudar o centro de massa e o centro de pressão de um corpo rígido.

Para mostrar o conceito de centro de massa utilize uma régua de 30 cm e borrachas dos próprios estudantes.

Primeiramente faça os questionamentos:

- a) O que é ponto de equilíbrio?
- b) O que é centro de massa?

Como motivação, faça a seguinte desafio aos estudantes: escolha um e proponha presenteá-lo com qualquer objeto de seu desejo, caso ele consiga tocar nas pontas dos dedos dos pés, quando encostado na parede e com os calcanhares também encostados na parede de forma a fazer um ângulo de 90° e sem dobrar os joelhos. É importante lembrar que os calcanhares têm que ficar encostados na parede

A partir desse desafio, discuta o que é ponto de equilíbrio.

Para estudar o conceito de centro de massa, peça aos estudantes que equilibrem uma régua com o dedo e faça os questionamentos:

- a) Em que ponto da régua você segurou para que ela ficasse em equilíbrio?
- b) Se colocarmos uma borracha numa das pontas da régua, aonde deveríamos segurar agora para que ela fique em equilíbrio?

Peça aos estudantes que equilibrem a régua novamente. Mude a posição da borracha várias vezes e descubra o novo ponto de equilíbrio. Faça os questionamentos:

- a) Em torno de que ponto a régua gira?
- b) Se tivéssemos uma régua feita com metade plástico e a outra metade de ferro, o ponto de equilíbrio estaria no centro?

A partir desses questionamentos discuta a densidade não uniforme e sua relação com o centro de massa.

Agora segure o foguete com a régua até encontrar o ponto de equilíbrio e peça aos estudantes que estime a posição do seu centro de massa. Enfatize que, devido à simetria da garrafa PET, a coordenada horizontal do seu centro de massa está exatamente no meio da garrafa.

Para discutirmos o conceito de centro de pressão, utilize uma aproximação desenhando a silhueta do foguete em um papelão e depois encontre o centro de massa do papelão (Figura 1). Nesse caso, devido à simetria, a posição do centro de pressão do foguete coincide com a posição do centro de massa do papelão. Para encontrar o centro de pressão pela figura, siga as instruções dadas por (SOUZA, 2007).

- Projete a silhueta do foguete em um papel e divida suas partes em regiões retangulares e triangulares para facilitar a obtenção do CP (Figura 1).
- Projete a silhueta do foguete em um pedaço de papelão e encontre seu CM; isto fornecerá uma ideia da posição do CP do foguete, que neste caso coincide com o CM do papelão.

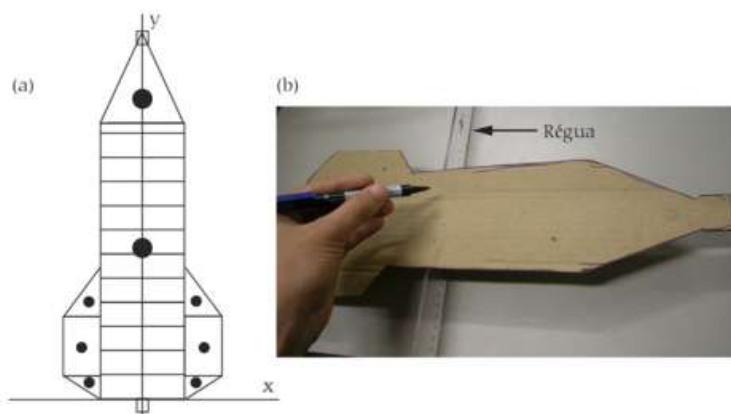


Figura 1: Determinação do centro de pressão

Fonte: Souza, 2007

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a02.pdf>

Após a localização aproximada do centro de massa e do centro de pressão, discuta a relação desses com a estabilidade do voo do foguete. Explique que a necessidade dessa separação é devido à natureza das forças que atuam em cada um desses pontos. Enfatize que no centro de massa, atua a resultante das forças de origem gravitacional e é, portanto, o ponto em torno do qual o foguete tende a girar.

Promova um debate acerca do deslocando do centro de massa para um ponto acima do centro de pressão. Enfatize que esse procedimento é necessário para que o foguete corrigir sua rota, caso ele sofra alguma rotação em torno do seu centro de massa. Faça os questionamentos:

- a) O que acontece se o centro de massa ficar muita acima do centro de pressão?
- b) O que acontece se o centro de massa ficar abaixo do centro de pressão?

No lançamento de foguetes, encha toda a coifa do foguete com água e peça aos estudantes que observem o voo. Discuta porque o foguete fica oscilando, mas não muda a direção.

Não recomendamos construir foguete com o centro de massa abaixo do centro de pressão, pois o mesmo pode mudar a direção e cair próximo do ponto de lançamento (Esse desvio depende logicamente da inclinação do foguete na saída). Caso isto aconteça em algum lançamento, peça aos estudantes que fiquem atentos para não se machucarem e depois discuta porque o foguete mudou a rota.

Duração da atividade: 2 aulas

Atividade 6 – Oficina de construção dos foguetes de garrafa PET

Objetivo: Construir os foguetes de garrafa PET a serem lançados.

Para a oficina de construção dos foguetes de garrafa PET, utilize o roteiro descrito no item 3.

Instruções ao professor:

- ✓ Na aula anterior à oficina, divida a turma em 5 ou 6 grupos e peça a cada grupo para trazer o material necessário para construção do foguete.
- ✓ Organize a sala de maneira que os estudantes possam tirar dúvidas na montagem.
- ✓ Certifique, com cada grupo, o alinhamento dos foguetes e das aletas.
- ✓ Não permita que os estudantes usem cola para fixar as partes do foguete, pois isso pode comprometer a resistência da garrafa PET.

Ao término da construção dos foguetes, repasse as regras de segurança abaixo:

- ✓ Não usar material metálico em qualquer parte do foguete.
- ✓ A pressão a ser utilizada será de, no máximo, 80 libras por polegada quadrada (80 psi), equivalente a cinco vezes a pressão atmosférica.
- ✓ Não utilizar cola a quente para fixar as empenas ou qualquer outra parte do foguete na garrafa que compõe a câmara de pressão. Para esse fim somente utilizar fita adesiva de qualidade comprovada.
- ✓ Durante a construção, testes ou lançamento não manusear ou aproximar de um foguete cuja câmara esteja pressurizada.
- ✓ Verificar a estabilidade do foguete antes do 1º voo.

Duração da atividade: 1 aula

Atividade 7 – Lançamento dos foguetes de garrafa PET.

Objetivo: Lançar os foguetes de garrafa PET construídos pelos grupos.

Para o lançamento dos foguetes construa a base de lançamento descrita no item 4. É importante lembrar que, como medida de segurança, a base deve ser feita somente pelo professor.

Antes do lançamento:

- ✓ Certifique-se que a área livre é suficiente para soltar o foguete com segurança.
- ✓ Fixe a base de lançamento ao chão com 2 parafusos ou 2 chaves de fenda conforme a figura 2 abaixo:



Figura 2: Base de lançamento fixa no chão
Fonte: o autor

- ✓ Coloque o gatilho com um barbante de 4 metros de comprimento.
- ✓ Use um extensor para colocar o bico da bomba na entrada de ar da base de lançamento.
- ✓ Preencha a câmara de compressão com 1/3 de água.
- ✓ Incline o foguete cerca de 60° em relação a horizontal.
- ✓ Pressurize até no máximo 80 psi de pressão (use sempre bomba com manômetro).
- ✓ Faça a contagem regressiva para que todos fiquem atentos ao lançamento.
- ✓ Peça a um dos integrantes do grupo que puxe o barbante para liberar o foguete.
- ✓ Caso o foguete fique preso na base, não deixe os estudantes se aproximarem. Abra a válvula e despressurize o foguete e retire-o da base.

Duração da atividade: 1 aula

Atividade 8 – Retomando os conteúdos.

Objetivo: Fazer uma revisão dos conteúdos e avaliar as atividades desenvolvidas.

Faça um esquema como mostrado na figura 3 abaixo e peça aos estudantes que escrevam as forças que atuam no foguete.

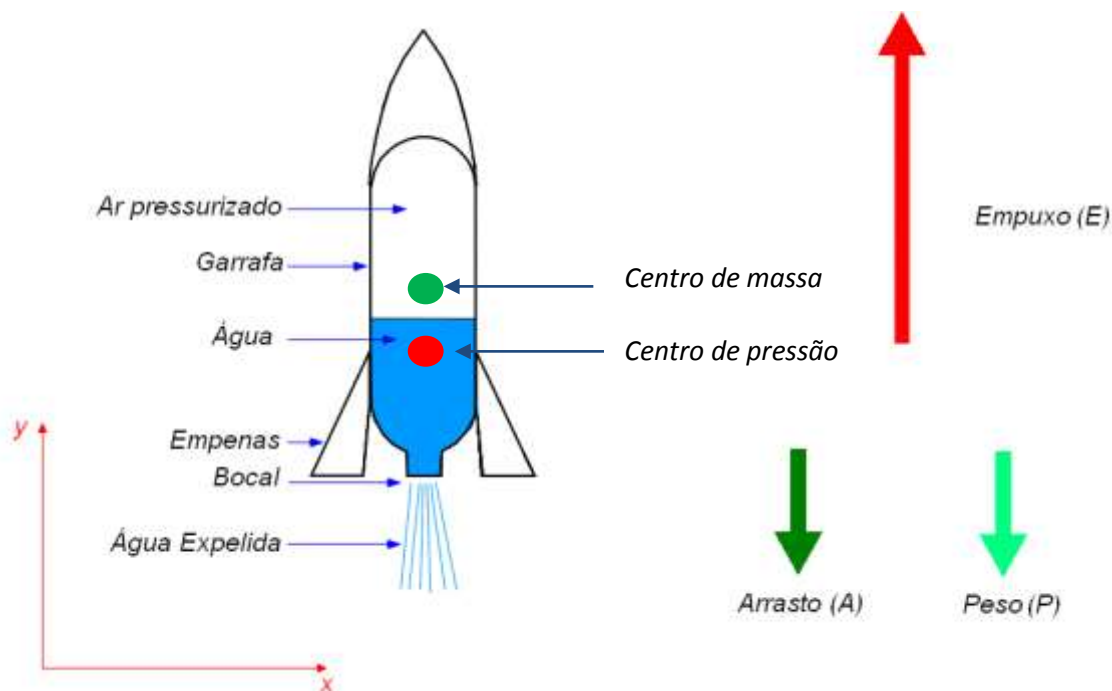


Figura 3: Esquema de funcionamento do foguete de garrafa PET

Fonte: Programa AEB-Escola

<http://aebescola.aeb.gov.br/index.php/repositorio>

Com esse esquema procure retomar todos os conteúdos estudados e faça um debate para que os estudantes ponderem os pontos positivos e negativos do trabalho realizado.

Aplique o pós-teste (com as mesmas questões ou com questões parecidas do pré-teste) e compare os resultados para analisar a aprendizagem dos estudantes.

Duração da atividade: 2 aulas

6. PALAVRA FINAL

Acreditamos na validade desse trabalho como meio de fazer a transposição didática de alguns conteúdos de Física. Delimitamos esse estudo aos três conteúdos trabalhados, mas durante a aplicação, surgiram outras possibilidades de ampliação do estudo. Esperamos que o professor possa ir além do que exploramos aqui, seja adaptando, melhorando ou acrescentando novos conteúdos que possam ser explorados por meio do lançamento de foguete e garrafa PET. Como sugestão, podemos mencionar: o estudo das leis de conservação da energia, do momento linear e angular, estudar o plasma a partir de seu uso como propulsor de foguetes; estudar trajetórias dos foguetes de garrafa PET; usar os foguetes de garrafa PET com *palitos de luz* nas escolas que tenham turmas no noturno, como forma de atender estudantes que não têm possibilidades de vivenciar essas práticas; estudar os efeitos da resistência do ar nos foguetes de garrafa PET por meio de modelagem matemática.

Dessa forma, esperamos que este material sirva como apoio para atividades experimentais em sala de aula e que seja trabalhado de maneira a propiciar atividades investigativas, com o estudante participando das descobertas e propondo soluções aos problemas levantados pelo professor. Acreditamos que a aprendizagem contextualizada, feita de forma interdisciplinar, é uma solução para dar significado aos conteúdos e também uma forma de aproximar o aluno da realidade vivenciada por ele. Feito dessa maneira, estamos fazendo nossa parte enquanto educadores, que é mostrar a beleza da Física e o quanto ela pode ser apaixonante.

7. SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA O PRÉ E PÓS-TESTE

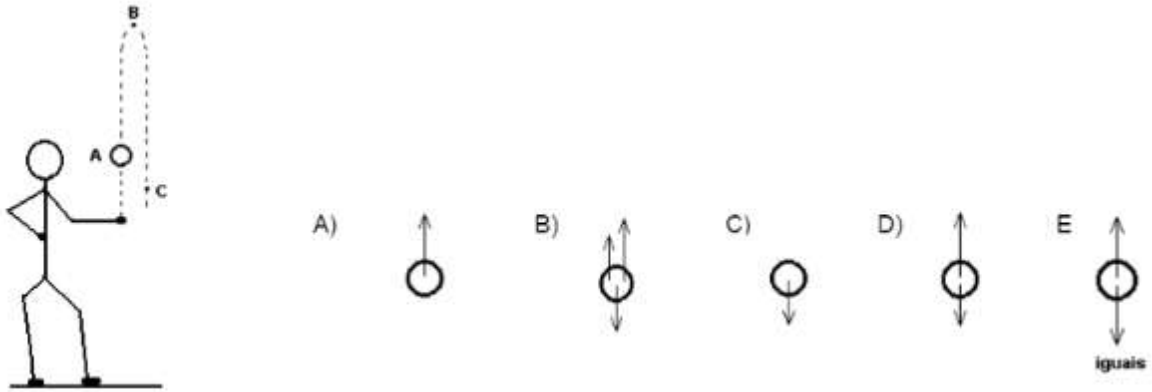
TESTE SOBRE CONCEITOS DE FÍSICA

O teste contém 14 questões

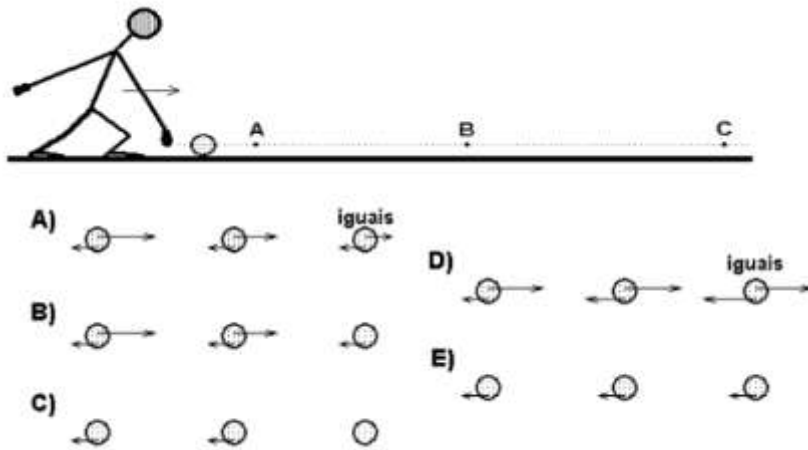
Cada questão possui uma única resposta correta

- 1) É comum, em filmes de ficção científica, que naves espaciais, mesmo quando longe de qualquer planeta ou estrela, permaneçam com os motores ligados durante todo o tempo de percurso da viagem. Marque a alternativa que você considera correta. Pois esse fato:
- A) Se justifica, porque, se os motores forem desligados, a velocidade da nave diminuirá com o tempo até parar.
 - B) Se justifica, pois para que qualquer objeto se mova, é necessária a ação de uma força sobre ele.
 - C) Se justifica, pois se os motores forem desligados, a nave será desviada, de forma gradativa, de sua rota.
 - D) Não se justifica, pois, uma vez colocada no seu rumo, a nave seguirá até o destino com velocidade constante.
- 2) Um passageiro de um ônibus segura, por meio de um barbante, um balão na vertical (o passageiro e o balão estão em repouso em relação ao ônibus. É correto afirmar que:
- A) Quando o ônibus freia, o balão se desloca para trás.
 - B) Quando o ônibus acelera para frente, o balão se desloca para trás.
 - C) Quando o ônibus acelera para frente, o barbante permanece na vertical.
 - D) Quando o ônibus freia, o barbante permanece na vertical.
- 3) Um menino lança verticalmente para cima uma bola. Os pontos A, B e C identificam algumas posições da bola após o lançamento. É desprezível a força resistiva do

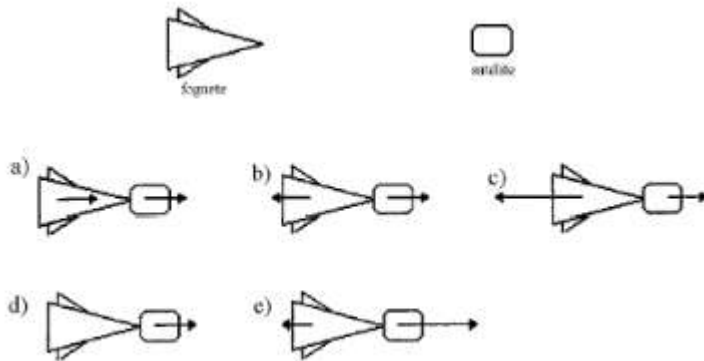
ar na bola. No ponto A, quando a bola está subindo, qual dos desenhos melhor representa a (s) força (s) exercida (s) pela bola?



- 4) Um caminhão puxa um reboque acelerado sobre uma estrada horizontal. Você pode afirmar que a força que o caminhão exerce sobre o reboque é, em módulo:
- igual à força que o reboque exerce no caminhão
 - maior que a força que o reboque exerce no caminhão
 - igual à força que o reboque exerce sobre a estrada
 - igual à força que a estrada exerce sobre o reboque
 - igual à força que a estrada exerce sobre o caminhão
- 5) A figura se refere a um indivíduo que lança com grande velocidade uma bola sobre uma superfície horizontal com atrito. Os pontos A e B são pontos da trajetória da bola após o lançamento, quando a bola já está rolando; no ponto C a bola está finalmente em repouso. As setas nos desenhos seguintes simbolizam as forças horizontais sobre a bola nos pontos A, B e C. Qual dos esquemas melhor representa a (s) força(s) sobre a bola?



6) Um foguete está empurrando um satélite danificado que se perdeu no espaço. Marque a alternativa que melhor representa a(s) força(s) que atuam no foguete e no satélite devido apenas à interação entre os dois (direção e sentido do movimento)



7) O ar tem a propriedade de ocupar todo o volume de um recipiente adquirindo o seu formato, já que não tem forma própria. Assim podemos fechá-lo em um recipiente com volume determinado e posteriormente provocar-lhe uma redução de volume usando uma força externa. A essa propriedade dá-se o nome de:

- A) difusibilidade.
- B) compressibilidade.
- C) elasticidade.
- D) expansibilidade.
- E) vaporabilidade.

8) O ar possui a propriedade de aumentar seu volume e adquirir o formato do recipiente que o contém.

Essa propriedade é denominada de:

A) difusibilidade.

A) compressibilidade.

B) elasticidade.

C) expansibilidade.

D) vaporabilidade

9) Uma das propriedades dos líquidos que tem mais aplicações tecnológicas é a sua propriedade de não diminuir de volume, em condições normais de temperatura e pressão, quando submetido a uma força externa. Esta propriedade é chamada de:

A) viscosidade

B) vaporabilidade

C) incompressibilidade

D) imponderabilidade

E) indifusibilidade

10) A respeito do estado físico da matéria, marque a alternativa correta:

A) No estado líquido, a matéria pode variar amplamente a forma e o volume.

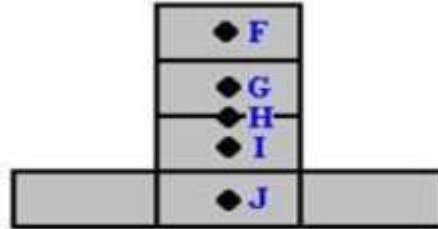
B) A matéria se encontra em três estados físicos distintos: sólido, líquido, gasoso.

C) No estado sólido, as moléculas estão "presas" umas às outras e não há movimento de vibração.

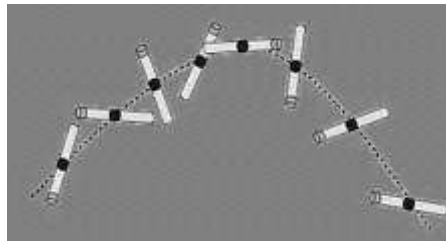
D) O estado gasoso é o estado onde as moléculas estão relativamente próximas e possuem forma bem definida.

E) O plasma é o quarto estado da matéria e também o estado em que a maioria da matéria se encontra no universo.

- 11) Seis peças de um jogo de dominó estão dispostas como na figura. Dos pontos indicados (F, G, H, I, J) o que melhor localiza o centro de massa desse conjunto é:



- 12) Na figura vemos que uma série de fotos, tiradas em intervalos bem pequenos, de uma barra de ferro em movimento. Ainda pela figura podemos ver que essa barra descreve uma trajetória parabólica em torno do seu centro de massa, descrita pelo ponto preto

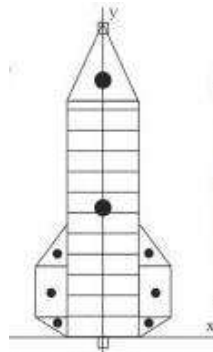


A respeito do centro de massa é correto afirmar que:

- A) É o ponto onde agem todas as forças sobre a barra de ferro.
 B) É ponto onde a resultante das forças centrípetas que agem sobre a barra de ferro é nula.
 C) É o ponto de equilíbrio das forças gravitacionais que agem sobre a barra de ferro e está relacionado com a massa de cada parte que o compõe.
 D) É o ponto onde está concentrada toda a massa da barra de ferro e todas as forças que atuam na barra também está localizada nesse ponto.
- 13) O centro de pressão é o ponto de equilíbrio de forças exercidas sobre um Foguete e contribui para a correção de sua trajetória. Esse ponto está relacionado à:

- A) Força peso
- B) Força gravitacional
- C) Forças aerodinâmicas
- D) Força de resistência do ar.

14) A figura abaixo mostra o esquema de um foguete destacando dois pontos ao longo do eixo y .



Esses pontos estão relacionados ao centro de massa e ao centro de pressão. Para que tenhamos um voo estável, sem turbulências, em um campo gravitacional uniforme, é necessário que:

- A) O centro de massa esteja acima do centro de pressão.
- B) E centro de massa esteja abaixo do centro de pressão.
- C) O centro de massa e centro de pressão estejam no mesmo ponto
- D) A estabilidade do voo não depende da posição relativa entre o centro de massa e o centro de pressão.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. P. M. Uma Concepção Curricular para a Formação do Professor de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol. 14, nº 3, 1992.

ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais**: do método à prática construtivista. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, UFC, Florianópolis, 2000.

_____. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciência**: unindo a pesquisa e a prática: ed. São Paulo. Cengage Learning, 2010. (p. 19-32)

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 64p.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.

DA ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. REEC: **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, p. 2, 2005.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Tradução Trieste Freire Ricci. 11. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

MARQUES, N. L. R. **Transposição Didática dos Saberes**. 2014. Trabalho apresentado no 10º Simpósio Sul-Rio-Grandense de Professores de Ciências e Matemática, Pelotas, 2014.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1999.

SILVA, V. C. L. **A utilização de protótipos de mini-foguetes como estratégia da promoção de aprendizagem significativa das leis do movimento de Newton, em nível médio**. Dissertação (Mestre em Ensino de Ciência) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

PROGRAMA AEB-ESCOLA – **Repositório de materiais didáticos e outros**. Disponível em: <http://aebescola.aeb.gov.br/index.php/repositorio>. Acesso em: 11 out. 2015.

SOUZA, J. A. Um foguete de garrafas PET. **A Física na Escola**, v. 8, n. 2, p. 4-11, 2007.

VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: Práticas, Conteúdos e Pressupostos. **Revista de Ensino de Física**, vol. 6, nº 2, 1984. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol06a18.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2014.