



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ - REITORIA DE ENSINO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

IAGO FILIPE DE SOUZA SILVA

**ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE BAIXO CUSTO NO ENSINO MÉDIO: UMA
PROPOSTA ENGAJADORA**

MACAPÁ
2023

IAGO FILIPE DE SOUZA SILVA

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE BAIXO CUSTO NO ENSINO MÉDIO: UMA
PROPOSTA ENGAJADORA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Especialização em Ensino de Física da Universidade Federal do Amapá como requisito para obtenção do grau de Especialista em Ensino de Física; área de Concentração: **Física no Ensino Médio**.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ricardo Souza Siqueira

MACAPÁ

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

- S586 Silva, Iago Filipe de Souza.
Atividade experimental de baixo custo no ensino médio: uma proposta engajadora / Iago Filipe de Souza Silva. - Macapá, 2023.
1 recurso eletrônico. 48 folhas.
- Monografia (Especialização) - Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Macapá, 2023.
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ricardo Souza Siqueira.
- Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).
1. Sequência didática. 2. Foguete. 3. Ensino de Física. I. Prof. Dr. Marcelo Ricardo Souza Siqueira, orientador. II. universidade federal do amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 370

SILVA, Iago Filipe de Souza. Atividade experimental de baixo custo no ensino médio: uma proposta engajadora . Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ricardo Souza Siqueira. 2023. 48 f. Monografia (Especialização) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

IAGO FILIPE DE SOUZA SILVA

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE BAIXO CUSTO NO ENSINO MÉDIO: UMA
PROPOSTA ENGAJADORA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Especialização em Ensino de Física da Universidade Federal do Amapá como requisito para a obtenção do grau de Especialista em Ensino de Física; área de Concentração: **Física no Ensino Médio**.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ricardo Souza Siqueira
Universidade Federal do Amapá

Prof. Dra. Jackeline del Rosario Collave García
Universidade Federal do Amapá

Prof. Dr. Paulo Roberto Soledade Junior
Universidade Federal do Amapá

RESUMO

A física enquanto ciência apresenta-se em diversos aspectos do mundo natural, e seu ensino não pode ser descontextualizado dos aspectos políticos, sociais e econômicos presentes na vida do aluno. Nesse contexto, a BNCC fomenta em seus textos que a física como ciência seja apresentada de maneira interdisciplinar e que provoque o senso investigativo, encontrando soluções para problemas que se apresentam no meio em que o aluno está inserido. Nesta perspectiva, elaboramos uma modelo de sequência didática experimental, e aplicamos ele dentro do eixo temático da mecânica, visando explorar os conceitos de velocidade, deslocamento e tempo. A sequência é composta de duas etapas, a primeira é um experimento de baixo grau de complexidade, o foguete de álcool, buscando com isso o engajamento dos alunos, e subseqüentemente é aplicado o foguete hidrodinâmico, que permite abrir um leque de possibilidades pedagógicas, para modelos mais complexos, que possibilita uma proposta interdisciplinar ativa. Apontamos também alguns artigos e trabalhos que podem ser utilizados para elaboração de uma sequência didática mais ampla, a partir desta visão de ensino. A análise dos dados, apontam para uma melhora significativa do processo ensino aprendizagem, dentro do ensino de física, principalmente no que diz respeito à relação da teoria física com a explicação fenomenológica.

Palavras-chave: Sequência didática, Foguete, Leis de Newton, Ensino de Física.

ABSTRACT

Physics as a science presents itself in various aspects of the natural world, and its teaching cannot be decontextualized from the political, social and economic aspects present in the student's life. In this context, the BNCC encourages in its texts that physics as a science is presented in an interdisciplinary way and that provokes an investigative sense, finding solutions to problems that arise in the environment in which the student is inserted. In this perspective, we developed an experimental didactic sequence model, and applied it within the thematic axis of mechanics, aiming to explore the concepts of velocity, displacement and time. The sequence is composed of two stages, the first is a low-complexity experiment, the alcohol rocket, seeking to engage the students, and subsequently the hydrodynamic rocket is applied, which opens up a range of pedagogical possibilities, to more complex models, which enables an active interdisciplinary proposal. We also point out some articles and works that can be used to elaborate a broader didactic sequence, based on this teaching vision. Data analysis points to a significant improvement in the teaching-learning process, within physics teaching, especially with regard to the relationship between physical theory and phenomenological explanation.

Keywords: Didactic sequence, Rocket, Newton's Laws, Physics Education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

- Figura 1** - Devido a inercia os passageiros são “arremessados para frente” quando o ônibus freia (a) e são “arremessados para trás” quando o ônibus arranca (b).....14
- Figura 1** - No lançamento do canhão a ação produzida pelo lançamento do projétil, produz uma reação de recuo do canhão.....15
- Figura 3** - Quando a força resultante de impulsão for maior que a força peso, o foguete inicia seu movimento de subida (a). A força de arrasto do ar é proporcional ao quadrado da velocidade e atua no sentido oposto ao movimento (b).....18
- Figura 4** - Fluxograma do modelo proposto de sequência didática experimental.....20
- Figura 5** - Execução do experimento do foguete de álcool.....25
- Figura 6** - Montagem da base de lançamento do foguete hidrodinâmico e um dos modelos do foguete construído pelos alunos.....26
- Figura 7** - Lançamento do foguete hidrodinâmico e alguns dos modelos de foguetes lançados.....34

GRÁFICOS

- Gráfico 1**- Análise das respostas dos alunos, no questionário de sondagem, sobre questões relacionadas às noções matemáticas de velocidade.....27
- Gráfico 2**- Análise das respostas dos alunos, no questionário de sondagem, sobre questões relacionadas às noções matemáticas de deslocamento.....28
- Gráfico 3**- Análise das respostas dos alunos, no questionário de sondagem, sobre questões relacionadas às noções matemáticas de velocidade.....28
- Gráfico 4**- Análise das respostas dos alunos, no questionário de sondagem, sobre definição das leis newtonianas.....30

TABELA

Tabela 2 - Coeficiente de atrito estático e cinético entre diversas superfícies.....	16
Tabela 2 - Organização das 8 aulas da sequência didática aplicada.....	21
Tabela 4 - Respostas recorrentes sobre a definição de deslocamento.....	29
Tabela 4 - Respostas recorrentes sobre a definição conceitual de velocidade.....	29
Tabela 5 - Respostas obtidas no questionário experimental, sobre a descrição do movimento do foguete de álcool com base nas três leis de Newton.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	05
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Sequência didáticas no ensino.....	10
2.2 Mecânica.....	11
2.2.1 Conceitos fundamentais do movimento.....	12
2.2.2 Leis de Newton.....	13
2.2.3 Força de atrito.....	16
2.3 Foguetes.....	17
2.3.1 Dinâmica do movimento dos foguetes.....	17
2.3.2 Um pouco de história.....	18
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
3.1 Sequência didática: uma proposta experimental.....	19
3.1.1 Organização e descrição da sequência didática.....	21
3.2 Montagem Experimental.....	24
3.2.1 Foguete de álcool.....	24
3.2.2 Foguete Hidrodinâmico.....	25
4. Resultados e discussões	26
4.1 Sondagem.....	26
4.1.1 Compreensão algébrica de deslocamento, velocidade e força. Fazendo uso das unidades de medida corretas.....	27
4.1.2 Compreensão sobre a definição de deslocamento e velocidade. Fazendo uso de exemplos do seu cotidiano.....	28
4.1.3 Conhecimento das três leis newtonianas, fazendo uso de exemplos que as relacionem com os fenômenos cotidianos.....	30
4.2 Aplicação experimental da sequência didática.....	31
4.2.1 Foguete de álcool.....	31
4.2.2 Foguete hidrodinâmico e perspectivas futuras.....	33
4.3. Sequência didática experimental e um leque de possibilidades pedagógica.....	35
5. CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39
ANEXO I	42

1. INTRODUÇÃO

A ciência da física tem como objeto de estudo os recortes do mundo natural, presentes em todos os aspectos do cotidiano. Essa afirmação passa por um enorme espectro de eventos, que vão desde uma simples conversa entre amigos até ao complexo funcionamento de diversos equipamentos tecnológicos, indispensáveis para o funcionamento da sociedade. A discussão de ciência e tecnologia, como parte indissociável do cotidiano das pessoas, significa reconhecer que os desenvolvimentos científicos e tecnológicos estão integrados a diversos aspectos, como o social, político, cultural e pessoal. (PAGLIARINI, 2016, pg.301). Neste sentido, pode-se afirmar, que a física é uma ciência fundamental para o desenvolvimento da civilização, devendo ser explorada e aprimorada continuamente desde a educação básica até o nível superior.

Enquanto componente curricular da educação básica, a física deve dialogar com “o mundo” do aluno, estabelecendo ligação entre conceitos e as suas aplicações. A própria BNCC (MEC, 2021) destaca, nas suas competências da área de ciências da natureza e suas tecnologias, a importância da investigação científica como solução para demandas regionais e/ou globais:

3- Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprias das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, [...]

As práticas experimentais destacam-se como a conexão entre o conhecimento científico e as suas aplicações no mundo. A importância da atividade experimental no processo de ensino e aprendizagem é consenso entre os professores de todos os níveis educacionais reconhecidos em nosso país, principalmente na rede básica. (OLIVEIRA, 2022). Essas atividades propiciam ao estudante a materialização dos conceitos e equações, que até então eram puramente abstratas, transformando-os em realidade concreta. A inserção destas práticas dentro das ações didáticas em sala de aula e ambientes complementares a ela, como laboratórios, ambiente doméstico, etc; é capaz de fixar o pensamento físico de maneira mais eficiente e econômica,

quando nos referimos ao tempo necessário de aprofundamento para fixar um conteúdo.

Todavia, apesar dos inúmeros benefícios ao processo educacional, essas atividades não possuem o papel central no processo de ensino-aprendizagem dentro da disciplina de física, na rede pública de ensino. Um dos principais desafios para a efetivação das práticas experimentais é a realidade estrutural das escolas públicas brasileiras, que em sua maioria não dispõem de laboratório de ciências equipados para tais práticas. Barro e Dias (2019), apontam como os desafios para as práticas experimentais no ensino de física: a falta de técnicos de laboratório, preparo docente para metodologia experimental, tempo insuficiente para planejamento e currículo rígido, não dando espaço a prática experimentais, bem como a baixa remuneração docente.

Uma alternativa de transformação deste cenário exposto, são os Laboratórios de Baixo Custo (LBC), que utilizam materiais de fácil acesso e baixo valor de aquisição, possibilitando trazer a experimentação como metodologia para as aulas de física, mesmo em realidades mais desprovidas de recursos e promover a melhoria no desenvolvimento científico dos estudantes que sairão da educação básica (SILVA, 2017). A BNCC (MEC, 2021) destaca em suas competências gerais, o desenvolvimento do senso crítico e investigativo, dentro da perspectiva da ciência:

2- Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

A utilização dos LBC, além de proporcionar uma nova ótica para o ensino científico, busca uma reflexão socioambiental ao promover a reciclagem de materiais, que em geral são descartados de maneira inadequada, agredindo o meio ambiente. Os LBC se destacam como ferramenta de concretização da habilidade da criticidade dentro da área da ciência da natureza, como preconizado pela BNCC (MEC, 2021), que orienta as disciplinas de física, química e biologia, na busca pelo desenvolvimento do senso crítico e criativo, de modo que o aluno seja capaz de:

Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

Em contraste com os laboratórios tradicionais, onde os experimentos em sua maioria se encontram prontos e acabados, os LBC's permitem ao aluno um maior domínio do projeto científico. Esses laboratórios trazem a possibilidade de os alunos perceberem a transformação de objetos comuns em modelos científicos, que simulem os fundamentos de muitas das tecnologias existentes na vida dele, possibilitando o teste de variáveis físicas usando objetos simples e presentes no cotidiano (SILVA, 2017). Isso insere os educandos dentro do aspecto investigativo, mesmo de maneira elementar, sem a necessidade de comprar equipamentos robustos e eficientes, porém fora do alcance para a realidade educacional brasileira.

A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental.

Dessa maneira, intensificam-se o diálogo com o mundo real e as possibilidades de análises e de intervenções em contextos mais amplos e complexos, como no caso das matrizes energéticas e dos processos industriais, em que são indispensáveis os conhecimentos científicos, tais como os tipos e as transformações de energia, e as propriedades dos materiais. Mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente.

A quantidade de artigos e monografias com propostas didáticas para experimentação de baixo custo é cada vez mais ampla. Muito se deve ao aumento de programas de pós-graduação na área de ensino de física, sendo possível encontrar propostas experimentais com diferentes graus de complexidade, abrindo um leque de possibilidades experimentais. À luz da nova BNC, estas tornam-se uma iniciativa eficiente e central, juntamente com as novas tecnologias, para o seu sucesso na desfragmentação conteudista e trazer o foco para o protagonismo estudantil.

Partindo da análise de diversos periódicos, trabalhos de pós-graduações e da vivência docente, reunimos então propostas experimentais, privilegiando-se atividades que permitisse ao aluno a participação ativa, bem como aquelas que possuíssem os materiais mais fáceis de serem adquiridos, possibilitando deste modo, a serem utilizados por professores em diferentes realidades dentro da educação básica, como proposta experimental inicial e de engajamento, para modelos experimentais mais complexos.

Deste levantamento inicial, selecionamos algumas propostas experimentais e construímos um modelo sequência didática, que promovam a interdisciplinaridade e ajudem a desfragmentação do modelo conteudista e puramente disciplinar. Aplicamos dentro deste modelo, duas propostas experimentais: o *foguete de álcool* e *foguete hidrodinâmico*, dentro da temática foguetes, utilizando o primeiro como proposta exploratória inicial do conteúdo e de engajamento para o experimento subsequente, que servirá como aprofundamento dos conceitos explorados e foco de investigação científica.

Nesta perspectiva de ensino investigativo, pautado nas habilidades e competências preconizadas na BNCC, o ensino não deve possuir engessamento do experimento ao conteúdo e sim uma otimização de ambos ao determinado momento do processo ensino-aprendizagem. Em observância a este fato, optou-se neste trabalho por escolher experimentos do eixo temático **mecânica**. Este permite o desenvolvimento das habilidades de interpretação de códigos e desenvolvimentos a compreensão de conceitos basilares da física, como: tempo, deslocamento, velocidade, aceleração e força, fundamentais nesse primeiro ano do novo ensino médio, para os aprendizados subsequentes.

A temática Foguete, traz um leque de possibilidades educacionais e possuem uma gama de estudos que destacam a sua aplicação, podendo atingir os objetivos dentro das habilidades selecionadas, da BNCC, neste trabalho. Por este motivo, a temática Foguete foi escolhida para aplicação da sequência didática que propomos, com foco no desenvolvimento das habilidades e competências que destacamos. Desta maneira, o objetivo principal deste trabalho é propor uma sequência didática experimental, em 8 aulas de aplicação, com grau de evolutivo de complexidade, aplicado esse modelo no 1º ano do ensino médio na Escola de Educação Básica

Professora Maria Amin Ghanem, Joinville-SC, dentro do componente curricular de física.

Pode-se elencar abaixo outros objetivos parciais, que apesar de não serem o principal foco deste trabalho, irão servir como passos graduais até o alcance do objetivo principal. São eles:

1. Aplicar uma sequência experimental, utilizando dois modelos de foguetes: de álcool e hidrodinâmico.
2. Buscar o engajamento da turma para atividades subsequentes, através da sequência didática.
3. Compreender e analisar as três leis newtonianas através dos modelos experimentais.
4. Indicar artigos que se relacionem a sequência didática apresentada, que possibilitem a construção por professores em uma sequência didática mais ampla.

Desta forma, este trabalho segue um planejamento sequencial e se embasa no referencial teórico a seguir.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sequência didáticas no ensino

A sequência didática segundo Kobashigawa (2008, apud LIMA, 2018): “*Conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas etapa por etapa pelo docente para que o entendimento do conteúdo ou tema proposto seja alcançado*”, de modo que o ensino não seja feito de forma abrupta, mas seguindo uma sequência lógica de ensino e evolutivo de grau de complexidade, bem como grau de amadurecimento acerca do tema pelo aluno, ao longo da sequência. Segundo Massoline (2019), o ensino de física não deve ser pautado apenas nos conteúdos a serem ensinados,

O conhecimento científico deve ser entendido como resultado da produção humana, desse modo, está em contínuo aperfeiçoamento e adequação ao processo histórico no qual está inserido. O ensino de física neste sentido deve ser aprimorado no que se refere à abordagem dos conteúdos, pois se trata de pensar não apenas em quais conteúdos serão trabalhados, mas como serão abordados.

Nesta perspectiva, a sequência didática, principalmente de caráter experimental, propicia a reconstrução do modelo científico humano, na medida que parte de uma problemática e de modelos simples, instigando e conduzindo o aluno a modelos mais complexos. Ela pressupõe a elaboração de um conjunto de estratégias pedagógicas ligadas entre si, planejadas para ensinar um conteúdo por etapas, evoluindo o seu grau de complexidade a cada nova etapa da sequência. Para Lima (2018), o docente deve ter real entendimento do que ensina, elaborando metodologias com objetivos e critérios bem definidos, alcançando uma aprendizagem concreta.

Galbiatti (2016), compartilha desta visão de ensino, ao afirmar que:

Podemos dizer também, que uma sequência didática é um conjunto sequencial de atividades planejadas por um professor para intencionalmente atingir objetivos educacionais, guiar sua prática profissional, construindo assim um caminho claro e organizado de suas ações pedagógicas.

A sequência didática não se configura uma fórmula pronta, de como e porque ensinar determinado conteúdo, por isso encontramos diversas sequências propostas

por diversos educadores, buscando se adequar a determinado momento do ensino e habilidade a serem desenvolvidas. Além de se transformarem para se adequarem ao contexto social, cultural e ambiental onde o processo de ensino aprendizagem está sendo desenvolvido.

Uma sequência didática de física, e ciências em geral, dentro da perspectiva de ensino da BNCC para o novo ensino médio, deve ser atrelada ao ensino por investigação. É preciso mais do que simplesmente reproduzir um determinado fenômeno, mas sim possuir seu domínio concreto e suas implicações para a vida do aluno. Pra Bianchini (2011), o ensino por investigação é caracterizado por:

[...] possui processos epistêmicos bem definidos. Ao se defrontar com uma situação problema, o cientista procura possíveis resoluções para o fenômeno em questão. Apenas levantar hipóteses não garante que o problema tenha sido resolvido. Para que isso ocorra, a resposta encontrada deve ser validada.

Tal processo investigativo pode ser transportado para uma situação de ensino onde os alunos poderão discutir com outros alunos, buscando assim que todos possam reconhecer o conteúdo abordado. Neste cenário o professor possui o papel de mediador, inserindo todos dentro do processo de reflexão. (BIANCHINI, 2012).

Segundo Azevedo (2004), o ensino por investigação não deve ser apenas um trabalho de observação ou manipulação, mas sim um trabalho de reflexão, construção, discussão e explicação do fenômeno observado, culminando no relato do observado. Um trabalho de investigação, atinge com plenitude seu objetivo final, quando o aluno ao trazer seu relato também é instigado a elaborar transformações e propor intervenções no fenômeno explorado, buscando obter resultados diferentes ou melhorar os resultados alcançados.

2.2 Mecânica

A mecânica é o ramo da física que estuda a descrição dos movimentos dos corpos. Segundo Halliday (1983) a mecânica é:

[...] a mais antiga das ciências físicas, estuda o movimento dos objetos. Entre seus problemas encontramos o cálculo da trajetória de uma cápsula de artilharia ou de uma sonda espacial enviada da Terra para Marte e, também,

a análise dos traços que aparecem nas câmaras de bolhas, causado pelas coleções, desintegrações e interações de partículas elementares.

Esta área é dividida em áreas como a **cinemática**, que estuda movimento dos corpos desvinculando causa e efeito, a **dinâmica**, que tem como objeto central o estudo das forças e suas influências nos movimentos dos corpos, e **estática**, tem como objetivo de estudo os corpos em repouso ou em movimento uniforme. (HALLIDAY, 1983).

O estudo da mecânica parte do pressuposto do entendimento de conceitos como: deslocamento, velocidade, aceleração e forças. Além da compreensão dos conceitos basilares do movimento, como repouso, movimento e referenciais. Exploremos a seguir brevemente alguns destes conceitos, para situar o leitor nesses conceitos explorados e desenvolvidos ao longo deste trabalho.

2.2.1 Conceitos fundamentais do movimento

O **referencial** é um lugar no espaço utilizado para definirmos movimento, repouso, deslocamento e como consequência velocidades, acelerações e forças.

Dentro da definição de referencial, o **movimento** pode ser definido como a variação da posição em relação a um referencial adotado, sendo assim relativo a ele. Enquanto o **repouso** é inalteração da posição ao longo do tempo neste referencial. O repouso e movimento não são absolutos, ou seja, nunca encontraremos dentro da física clássica um referencial privilegiado onde uma partícula ou corpo extenso, está em movimento ou repouso absoluto. (HALLIDAY, 2012).

O **deslocamento** é caracterizado pela distância que separa dois pontos, essa distância é expressa matematicamente pela diferença entre a posição final e inicial dentro do referencial adotado, como definido abaixo: (HALLIDAY, 1983).

$$\Delta S = S_f - S_i \quad (1)$$

Ao analisar-se o deslocamento de uma partícula ao longo de um intervalo de tempo finito, obtemos a grandeza física **velocidade média**, definida como a razão do deslocamento pelo intervalo de tempo. Essa quantidade é denominada assim, pois omite detalhe da trajetória, utilizada para sair de um ponto A para um ponto B

(HALLIDAY, 1983). No SI a velocidade é expressa em metros por segundos (m/s). Em termos matemáticos, a velocidade pode ser escrita como:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (2)$$

ou,

$$V_m = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} \quad (3)$$

Quando analisamos a rapidez com que a velocidade modificasse, encontramos a **aceleração**. Esta quantidade é expressa pelo consciente entre a variação da velocidade e o intervalo de tempo que levou para ela ser modificada. (HALLIDAY, 1983). No SI a aceleração é expressa em termos de unidade de medida, como m/s². Em termos matemáticos,

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (4)$$

2.2.2 Leis de Newton

Na obra *Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of The World* (Princípios Matemáticos da Filosofia Natural e seu sistema do mundo), publicada em 1687 e dividida em três volumes, Newton constrói as bases da dinâmica. Definido assim, em seu texto, os domínios de validade formal e matemática, no qual as leis que regem o movimento são válidas. Essas leis ficaram conhecidas com as três leis de Newton. (NEWTON, 1687). Vejamos os seus enunciados e suas implicações na descrição da natureza.

1ª Lei de Newton (Lei da Inércia)

A primeira lei está relacionada com o princípio da inércia, que é a propriedade da matéria de manter o estado de repouso ou de movimento. Quanto maior a massa de um corpo, maior é a resistência do corpo em alterar seu estado de repouso ou de movimento. Newton enuncia em seu livro: 1º “Todo corpo continua em seu estado de

repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja obrigado a mudar aquele estado por forças impressas nele”. (NEWTON, 1685, p. 13, tradução nossa).

Esta lei está relacionada com o movimento que corpos sentem dentro de veículos automotivos como ônibus e carros. Ao entrarem em movimento, os passageiros sentem uma compressão contra o banco do carro ou no caso do ônibus os passageiros são “jogados para trás”, justificando-se pelo fato, dos veículos adquirem uma aceleração e entram em movimento, enquanto os corpos em seu interior possuem a tendência a permanecer parado, na mesma posição dentro do referencial fora do sistema veículo ônibus. O oposto ocorre quando o passageiro é “jogado para frente” quando o veículo freia, pois possuem uma tendência a permanecer em movimento no referencial citado acima.

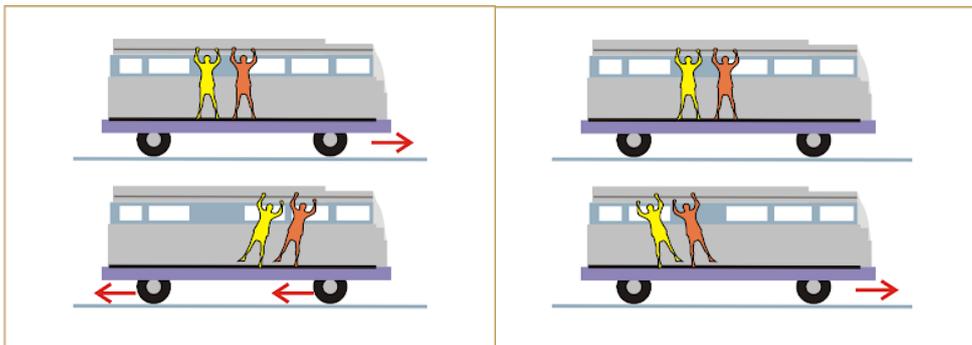


Figura 3 Devido a inércia os passageiros são “arremessados para frente” quando o ônibus freia (a) e são “arremessados para trás” quando o ônibus arranca (b). Disponível em: <<http://fisikanarede.blogspot.com/2012/08/a-primeira-lei-de-newton.html>>

2ª Lei de Newton (Lei fundamental da Dinâmica)

2º “A mudança de movimento é proporcional à força motriz impressa; e é feita na direção da linha direita em que essa força é impressa.” (NEWTON, 1685, p. 13, tradução nossa).

A partir do enunciado de Newton, é possível concluir que a taxa de variação da velocidade com o tempo de um corpo é diretamente proporcional a taxa de variação do momento linear aplicada sobre ele. O fator de proporcionalidade é dado pela inércia do corpo, ou seja, sua massa (**m**).

$$\frac{dp}{dt} = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad (5)$$

Para um movimento com massa e aceleração constante, podemos expressa na notação muito conhecida da física, como a força resultante constante, é igual ao produto da inércia (massa) e da taxa de variação da velocidade (aceleração).

$$F = m \cdot a \quad (6)$$

3ª Lei de Newton (Lei da Ação e Reação)

3º “Para cada ação há sempre oposta uma reação igual: ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes contrárias.” (NEWTON, 1685, p. 13, tradução nossa).

A terceira lei de Newton está relacionada aos diversos aspectos do cotidiano, como por exemplo, a dor que sentimos ao batermos na quina da mesa. Em tal situação aplicamos uma força na quina da mesa e sentimos a mesma força, com mesma direção, mas sentido contrário, aplicada sobre nós. Tal lei é fundamental para compreender o princípio do funcionamento dos foguetes e lançamentos balísticos, como vemos na figura abaixo o projétil é lançado (ação) e o canhão sofre um recuo (reação) na mesma direção e como mesma intensidade do lançamento, entretanto no sentido contrário deste.

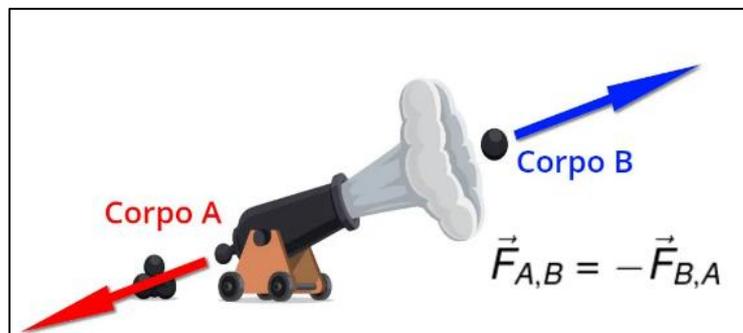


Figura 4 No lançamento do canhão a ação produzida pelo lançamento do projétil, produz uma reação de recuo do canhão. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/terceira-lei-newton.htm>>.

2.2.3 Força de atrito

As forças de atrito em síntese são forças de resistência ao movimento, sendo de fundamental importância na nossa vida, como destaca Yong (2014, pág 157):

O óleo no motor de um automóvel minimiza o atrito entre as partes móveis, porém, se não fosse o atrito entre os pneus e o solo, não poderíamos dirigir um carro nem fazer curvas. A força de arraste do ar — a força de atrito exercida pelo ar sobre um corpo que nele se move — faz aumentar o consumo de combustível de um carro, mas possibilita o uso do paraquedas. Sem atrito, os pregos pulariam facilmente, os bulbos das lâmpadas se desenroscariam sem nenhum esforço e a maioria das formas de locomoção animal seria impraticável

O atrito pode entre duas superfícies em contato pode ser classificado em **atrito estático** (f_s), quando não há deslocamento relativo entre as superfícies em contato, e **atrito cinético** (f_c), quando existe movimento relativo entre as superfícies. O módulo da força de atrito em muitas situações pode ser expresso proporcionalmente ao módulo da força normal (n) e o coeficiente de atrito (μ). (YOUNG, 2014),

$$f = \mu \cdot n \quad (7)$$

Dependendo do material em contato, e se existe ou não deslizamento relativo, obtemos diferentes coeficientes de atritos.

Materiais	Coeficiente de atrito estático (μ_s)	Coeficiente de atrito cinético (μ_c)
Aço com aço	0,74	0,57
Alumínio com aço	0,61	0,47
Cobre com aço	0,53	0,36
Latão com aço	0,51	0,44
Zinco com ferro fundido	0,85	0,21
Cobre com ferro fundido	1,05	0,29
Vidro com vidro	0,94	0,40
Cobre com vidro	0,68	0,53

Tabela 5 Coeficiente de atrito estático e cinético entre diversas superfícies. (YOUNG, 2014)

Quando analisamos objetos deslocando-se no interior de um fluido (gases e líquidos), a força que o fluido exerce sobre o movimento é chamado de **força resistência de um fluido**. Existe uma relação direta com a força de resistência do fluido e velocidade do corpo através dele.

Em baixa velocidade a força de resistência se relaciona diretamente com a velocidade (v) e da forma e tamanho do corpo, bem como as propriedades do fluido, expresso pelo fator de proporcionalidade k . (YOUNG, 2014).

$$f = k \cdot v \quad (8)$$

Em velocidades maiores que a velocidade de uma bola de tênis no ar, chamamos essa força de resistência de força de arrasto do ar. Essa força é expressa pela velocidade quadrática (v^2) e pelo fator de proporcionalidade (D), que depende do tamanho e forma do corpo e da densidade do ar. (YOUNG, 2014).

$$f_{ar} = D \cdot v^2 \quad (9)$$

Essa força influencia diretamente no movimento de projeteis, aeronaves e no lançamento dos foguetes sob a influência da atmosfera terrestre. Devendo ser levada em conta quando analisamos o movimento destes.

2.3 Foguetes

2.3.1 Dinâmica do movimento dos foguetes

Os foguetes, de modo bem sintético, podem ser definidos como máquinas que se deslocam expelindo gases em alta pressão. Este processo pode ser descrito e associado claramente às três leis newtonianas. A força associada à pressão com que os gases são expelidos, provoca uma ação e como consequência, a reação impulsiona o foguete para cima contra a gravidade. Quando o somatório das forças de impulsão for maior que o módulo da gravidade e no sentido oposto a ela, podemos dizer que o foguete está acelerando, alterando assim seu estado de movimento.

Neste movimento de subida, o foguete ganha velocidade, aumentando a força de arrasto do ar que dificulta seu movimento de subida, entretanto se este ganhar velocidade suficiente, ele consegue escapar da atmosfera terrestre, antes que a força de atração gravitacional e as demais forças resistivas, obrigue-o a retornar a superfície terrestre. O foguete poderá continuar seu estado de movimento após escapar apenas pelo seu impulso inicial, como Newton descreve em sua primeira lei do movimento.

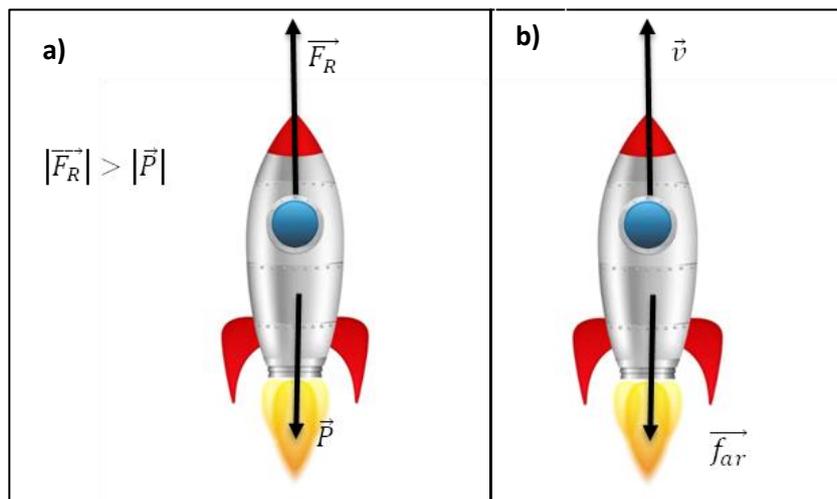


Figura 3 Quando a força resultante de impulsão for maior que a força peso, o foguete inicia seu movimento de subida **(a)**. A força de arrasto do ar é proporcional ao quadrado da velocidade e atua no sentido oposto ao movimento **(b)**. Disponível em: <<https://depositphotos.com/br/vectors/foguete-desenho.html>>

2.3.2 Um pouco de história

A história dos foguetes nasce do fascínio do homem em desbravar os limites dos céus. Tal fascínio pode ser visto em diversas mitologias, como na mitologia grega, onde Ícaro voou próximo demais ao sol e teve suas asas queimadas. (FERREIRA, 2020).

A ideia do foguete, segundo relatos, remonta à China do séc. I DC. Os chineses armazenavam pó de salitre, carvão e enxofre em tubos de bambus para fazer queimas durante as festividades. Depois de um acidente, onde o tubo não funcionou corretamente e saiu voando soltando faísca, os chineses perceberam que poderiam confeccionar armas com flexas amarradas aos foguetes. Entretanto essas armas eram estáveis e imprecisas explodindo antes mesmo de serem lançadas. (FERREIRA, 2020).

Segundo Ferreira (2020, apus, Nasa, 2001), a fabricação dos foguetes torna se ciência com Newton:

A fabricação de foguetes torna-se ciência no século XVII com Newton, relacionando o conhecimento de suas três leis com o foguete moderno. Surgiram várias aplicações em guerras com submarinos, aplicando a relação de lançamento de foguetes com base nas leis de Newton.

Os foguetes tiveram papel central durante a guerra fria, quando os Estados Unidos e a União Soviética, começaram a sua corrida espacial na busca de domínio militar e demonstração de poder um sobre o outro. Impulsionando a evolução tecnológica e científica, que possibilitou ao homem desbravar o espaço e alcançar a Lua. (OLIVEIRA, 2019).

Atualmente a tecnologia dos foguetes, tem diversas aplicações dentro da nossa sociedade, como permitir lançar satélites de telecomunicações, melhorando os sistemas de comunicação e geolocalização, que permite melhorias nos sistemas atuais de navegação, bem como monitoramento de fronteiras e estudos sobre o clima e mudanças climáticas. (HENNEMANN, 2016). Indo além, permite obter informações do nosso universo, através dos telescópios que eles transportam, e realizar experimentos em condições sem influência da nossa atmosfera terrestre, aplicando nosso conhecimento científico acerca do funcionamento do universo e suas origens. O próximo passo no avanço dessa tecnologia é conseguir levar o homem para colonizar e realizar viagens planetárias dentro do nosso sistema solar, como proposto por Elon Musk, no seu projeto da SpaceX.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Sequência didática: uma proposta experimental

Partindo da análise de periódicos, trabalhos de pós-graduações e da vivência docente, reunimos uma série de propostas experimentais, privilegiando-se atividades que permitissem a participação ativa do aluno. Construímos desta análise uma proposta de sequência didática experimental, que promova a interdisciplinaridade e ajude a desfragmentação do modelo conteudista e puramente disciplinar.

Começaremos propondo um modelo de sequência didática experimental e aplicaremos neste modelo, duas propostas experimentais, como detalharemos nos próximos parágrafo, de forma que seja possível a verificação e análise do modelo de sequência proposto e ao final deste trabalho iremos discutir uma expansão, desta sequência, com trabalhos interdisciplinares, que possibilitem a real desfragmentação do ensino, dentro da temática escolhida.

Abaixo desenhamos um fluxo grama da sequência didática proposta,



Figura 4 Fluxograma do modelo proposto de sequência didática experimental.

As duas propostas experimentais utilizadas, para verificação do modelo de sequência didática desenvolvido foram: o *foguete de álcool* e o *foguete hidrodinâmico*. Utilizando-se o primeiro como proposta inicial de exploração do conteúdo e de engajamento e o segundo como aprofundamento dos conceitos explorados. Nesta sequência, focou-se no desenvolvimento das habilidades dos alunos em compreender a física nos seus conceitos elementares e seus códigos, bem como seus processos investigativos. Para atingir esses objetivos, nos pautamos o processo de ensino nas seguintes habilidades da BNCC:

(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

3.1.1 Organização e descrição da sequência didática

A sequência didática experimental foi aplicada na Escola de Educação Básica Professora Maria Amin Ghanem, em Joinville-SC, dentro do componente curricular de física, com as turmas de primeiro ano do novo ensino médio. Ao total, a sequência teve uma duração de 8 aulas de aplicação, organizando-se as atividades como as descritas no quadro abaixo. Seus procedimentos e desenvolvimentos em cada aula são descritos após o quadro.

ORGANIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA POR AULA	
1 ^a	Aula de exploração das três leis de Newton e uma revisão de deslocamento, velocidade e aceleração.
2 ^a	Aplicação do questionário de sondagem.
3 ^a	Aplicação e execução da atividade experimental: foguete de álcool.
4 ^a	Reflexão e contextualização da prática experimental, executada na aula 3.
5 ^a	Construção do foguete hidrodinâmico.
6 ^a	Lançamentos dos foguetes hidrodinâmicos.

7 ^a	Lançamentos dos foguetes hidrodinâmicos.
8 ^a	Reflexão da atividade experimental e discussão sobre projetos futuros.

Tabela 2 Organização das 8 aulas da sequência didática aplicada.

Cada passo de uma sequência didática, possui uma finalidade e um objetivo em si, como um quebra-cabeça que juntas formam uma imagem final. Nosso quebra-cabeça possui oito peças, que juntas formam nossa imagem final. Para entender-lhe iremos descrever e conhecer cada parte com mais detalhes a seguir.

1^a Aula

A aula foi feita através de uma metodologia expositiva e dialogada, com o auxílio apenas da lousa, com o objetivo de testar a sequência em um cenário educacional com o mínimo de recursos tecnológicos, que é a realidade de grande parte das instituições de ensino pública.

Iniciamos a discussão sobre as três leis de Newton, através de uma a revisão de deslocamento, velocidade e aceleração, visto que os alunos já haviam estudado o conteúdo no primeiro trimestre. Nesta primeira parte da sequência, foi explorado os conhecimentos prévios dos alunos, identificando suas lacunas e deficiências na aprendizagem, antes de iniciar qualquer conceituação sobre o tema. A compreensão dos conhecimentos prévios do estudante, guiam o processo de ensino, pois neste momento o aluno sai de um sujeito passivo para um sujeito ativo dentro processo de ensino.

2^a Aula

Aplicação de um questionário de sondagem (Anexo I), buscando assim explorar e mensurar os conhecimentos do aluno a respeito das leis de Newton, a concepção de deslocamento, velocidade e aceleração, além das implicações deste conceito físico no seu cotidiano. A construção do questionário foi fundamentada na aula 1, através

das lacunas e deficiências na aprendizagem identificadas, buscando assim quantificar até que ponto a aula expositiva possibilita a apropriação do aluno dos conhecimentos.

3ª Aula

Foi executada a atividade experimental exploratória do foguete de álcool, para isso dividimos os alunos em 2 grupos, devido ao manejo com material inflamável que era o álcool, associado a falta de laboratório e professor de laboratório que pudesse auxiliar a atividade. Então a escolha natural era 2 grupos, devido a facilidade de gerenciamento do professor para evitar acidentes, recomenda-se que turmas volumosas e de perfis mais agitadas não se façam vários grupos.

Durante a aplicação do foguete de álcool foi aplicado um questionário em modelo de questionário experimental. Neste questionário, os alunos deveriam medir a distância e o tempo, realizando uma análise a partir destas duas variáveis da velocidade e aceleração do objeto. Bem como observarem e analisarem o experimento a partir da visão das três leis newtonianas. (ANEXO II).

4ª Aula

Realizou-se uma discussão e reflexão sobre os resultados da atividade do foguete de álcool, indagando aos alunos se existia algum outro tipo de foguete além deste executado, com outro tipo de combustível. Buscando assim instigar a curiosidade para a aula seguinte e propondo a confecção do foguete hidrodinâmico aos alunos.

5ª Aula

Os alunos pesquisaram como fazer o foguete previamente e foi disponibilizado aos alunos uma aula de confecção do foguete. Cabendo ao professor o papel de orientação dos alunos na confecção do foguete, quanto à possibilidade de confeccionarem diferentes modelos de asas, colocarem diferentes pesos na ponta do foguete e diferentes tipos de garrafas para serem utilizados.

6ª e 7ª Aulas

Foram dedicadas duas aulas aos lançamentos, devido ao grande número de foguetes a serem lançados. Nesta etapa foi explicado aos alunos o funcionamento da base, e o mecanismo de lançamento, bem como foi discutido o ângulo de maior alcance horizontal e vertical. Também foram discutidos os procedimentos de segurança.

8ª Aula

Foi feita uma reflexão com os alunos sobre os lançamentos e construções dos foguetes, quantos aos possíveis erros acertos e possibilidades de projetos futuros.

3.2 Montagem Experimentais

Detalharemos a construção do foguete de álcool e iremos indicar referências para a construção do foguete hidrodinâmico, visto que o mesmo, possui uma discussão mais ampla e diferentes métodos de construção, cabendo tal como temática de um trabalho isolado, fugindo assim do nosso objetivo aqui.

3.2.1 Foguete de álcool

Os materiais utilizados na montagem do foguete são: fio de náilon; tubo de caneta; fita; garrafa pet; prego; álcool e borrifador; vela e fósforo. A montagem consiste em fixar o tubo de caneta na lateral da garrafa pet com auxílio da fita, passando o fio de náilon pelo interior do tubo e amarrando as extremidades do fio em cadeiras ou colunas de modo que o náilon fique bem tensionado. Um furo na tampa da garrafa, é feito como prego, de modo que o tamanho não ultrapasse o diâmetro de um lápis.



Figura 5 Execução do experimento do foguete de álcool.

Adiciona-se álcool ao interior da garrafa pet, com o borrifador, em seguida amasse a lateral da garrafa com as mãos. Com o auxílio da vela ou de um acendedor, podendo ser modificado por qualquer coisa que mantenha uma certa distância entre o ponto de combustão e a mão, aproxima-se a chama da abertura da tampa, de maneira que o álcool no interior da garrafa entre em combustão e ocorra a conversão de energia térmica em mecânica.

3.2.2 Foguete Hidrodinâmico

A montagem do foguete hidrodinâmico poderá ser encontrada em todos os detalhes através do site oficial da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG). Seguimos a montagem sugerida no site oficial para a base, dando a liberdade de confecção aos alunos quanto aos modelos de asas, bico, forma das garrafas e peso frontal.



Figura 6 Montagem da base de lançamento do foguete hidrodinâmico e um dos modelos do foguete construído pelos alunos.

4. Resultados e discussões

4.1. Sondagem

Dividimos a análise do questionário na verificação das seguintes habilidades:

- Compreensão algébrica de deslocamento, velocidade e força. Fazendo uso das unidades de medida corretas.
- Compreensão sobre a definição de deslocamento e velocidade. Fazendo uso de exemplos do seu cotidiano.
- Conhecimento das três leis newtonianas, fazendo uso de exemplos que as relacionem com os fenômenos cotidianos.

A seguir exploraremos os resultados obtidos desta verificação.

4.1.1 Compreensão algébrica de deslocamento, velocidade e força. Fazendo uso das unidades de medida corretas.

Um número significativo de alunos conseguiu aplicar as fórmulas e os valores dados dentro das questões, conduzindo ao valor numérico correto. Entretanto, metade do nosso espaço amostral, não conseguiu relacionar corretamente as unidades com as grandezas, confundindo unidade de aceleração, velocidade, deslocamento e força entre si, ou simplesmente não colocaram a unidade acompanhando os valores numéricos. Podemos perceber isto ao analisar um grupo amostral de 32 alunos, que foram organizados seus resultados nas tabelas abaixo.

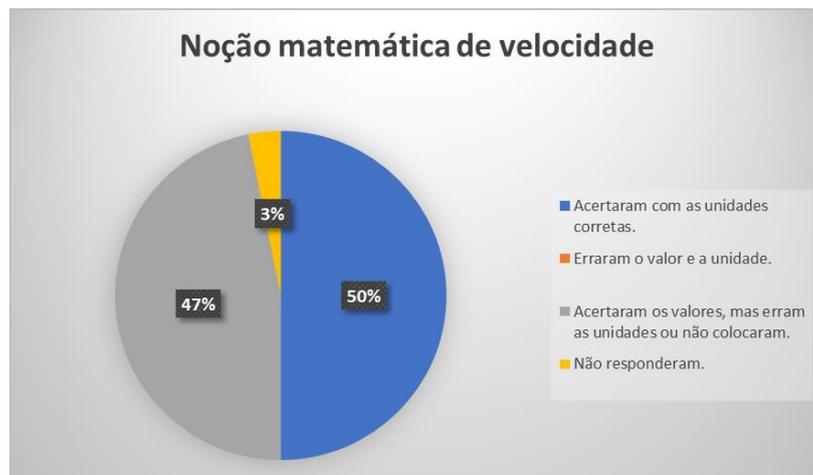


Gráfico 1 Análise das respostas dos alunos, no questionário de sondagem, sobre questões relacionadas às noções matemáticas de velocidade.

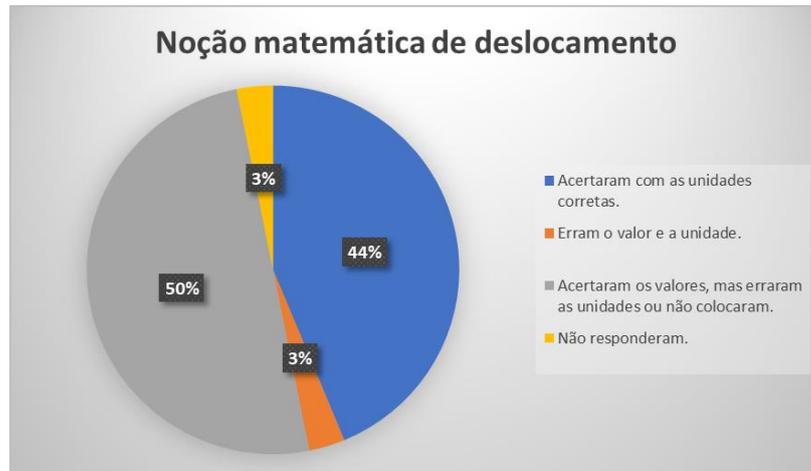


Gráfico 2 Análise das respostas dos alunos, no questionário de sondagem, sobre questões relacionadas às noções matemáticas de deslocamento.

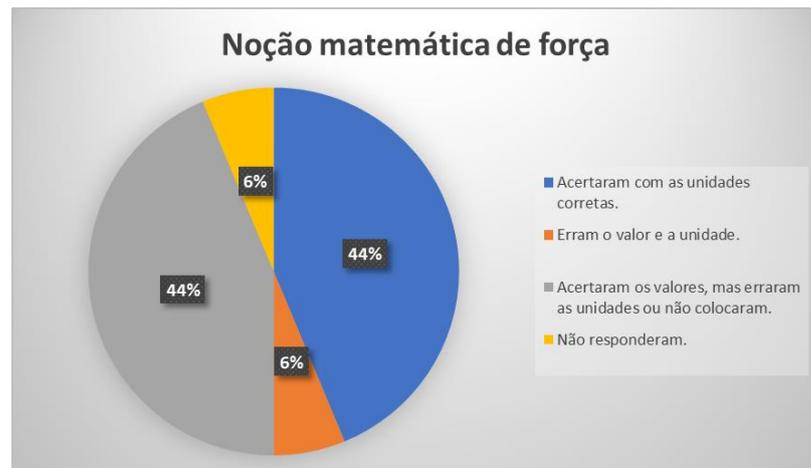


Gráfico 3 Análise das respostas dos alunos, no questionário de sondagem, sobre questões relacionadas às noções matemáticas de velocidade

4.1.2. Compreensão sobre a definição de deslocamento e velocidade. Fazendo uso de exemplos do seu cotidiano.

A concepção de deslocamento que os alunos possuíam, era principalmente associada a uma noção empírica de movimento. Esta concepção ligava o deslocamento ao movimento de maneira errônea, sem definir um referencial. Separamos abaixo as respostas mais recorrentes e o número de alunos que responderam de acordo com essa concepção.

Nº de alunos	Respostas recorrentes sobre a definição de deslocamento
10	É quando saímos de um lugar para o outro.
4	O conceito de deslocamento é dado de acordo com o movimento de uma massa de um local ao outro. Ex: Deslocamento de um objeto de uma mesa para outra.
3	Deslocamento é quando você sai do repouso, ou seja, entramos em movimento.
3	Um objeto se movendo em relação a um referencial
12	Outras

Tabela 3 Respostas recorrentes sobre a definição de deslocamento.

No tocante a definição de velocidade, percebemos que perguntas apontavam para noção de um movimento pelo tempo que leva para executar esse movimento, 26 respostas possuíam esta natureza. Entretanto algumas das respostas conduziram a definição de velocidade média equivocada ou completamente errada, representando uma parcela de 6 alunos do nosso espaço amostral. Abaixo separamos três respostas que representam estes grupos:

26 alunos	É o que indica o deslocamento de um corpo em determinado tempo. Ex: a velocidade de um carro
6 alunos	É quando um corpo se mantém, na mesma velocidade. Ex: Quando uma pessoa está caminhando e se mantém, grande parte do caminho na mesma velocidade.
	O que a gente não consegue ter a velocidade exata, só olhando mais podemos ter uma ideia, de como poderemos ter uma ideia exata das contas a fazer.

Tabela 4 Respostas recorrentes sobre a definição conceitual de velocidade.

4.1.3 Conhecimento das três leis newtonianas, fazendo uso de exemplos que as relacionem com os fenômenos cotidianos.

No tocante às três leis de Newton, observamos que 50% dos alunos souberam enunciar as três leis de Newton com exemplos corretos ou parcialmente corretos, observando-se algumas confusões entre a lei da inércia e a terceira lei da ação e reação. Uma parcela correspondente a menos de $\frac{1}{4}$ dos alunos deixaram em branco a pergunta ou apresentaram respostas incoerentes ao que foi indagado, evidenciando uma dificuldade de associar os fenômenos físicos e as leis newtonianas. Abaixo segue a organização dos dados obtidos.

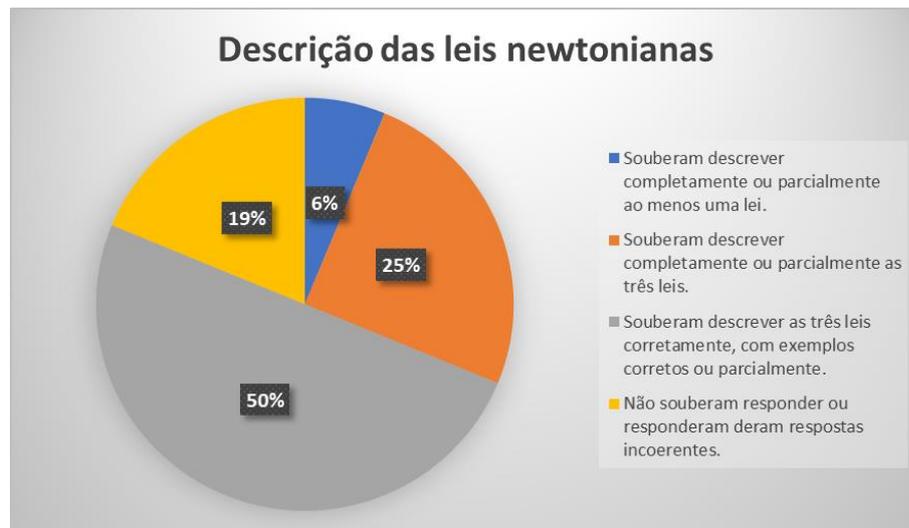


Gráfico 4 Análise das respostas dos alunos, no questionário de sondagem, sobre definição das leis newtonianas.

Após essa sondagem, uma discussão mais clara foi feita com os alunos, em sala de aula, antes de iniciar a sequência experimental. As respostas obtidas da discussão, apresentaram-se com ideias mais concisas e claras, do que as obtidas por meio do questionário de sondagem. Evidenciando uma lacuna na sua habilidade de escrita, algo que era um problema em todas as disciplinas antes da pandemia e que com ela fora agravado. Muito mais do que a simples não compreensão do problema exposto, observou-se uma deficiência na organização e divulgação através da escrita do conhecimento do alunado.

4.2 Aplicação experimental da sequência didática

4.2.1 Foguete de álcool

No início da aplicação experimental medimos a distância através das lajotas do chão, optamos por fazê-lo desta forma, pois buscou-se desenvolver a criatividade do aluno, em contornar situações problemas em que um instrumento de medida padrão não se fazia presente. Como resposta natural, os próprios alunos definiram as lajotas como unidade padrão. Como instrumento de medida de tempo foi utilizado os celulares dos próprios alunos, alguns utilizaram os cronômetros dos celulares e outros utilizaram o tempo de gravação.

Na montagem experimental do foguete de álcool, foi pedido que os alunos fizessem o furo na tampa da garrafa, para tal, muitos alunos usaram a tesoura abrindo uma abertura extremamente larga, de modo que a pressão produzida dentro da garrafa era menor, do que a produzida com o furo de tamanho adequado, e o foguete deslocava-se pouco para frente. Outro ponto foi o processo a indagação do uso da vela, sendo abordado os aspectos de segurança do foguete, que necessitam de um pavio que fornecesse uma segurança à mistura de fogo e álcool. Dando foco ao caráter investigativo experimental.

Em alguns pontos foi permitido que os alunos cometessem erros experimentais evitáveis, que conduziram a falha experimental, como por exemplo, o tamanho do furo na garrafa, como já citamos, a falha na combustão ao usar um fósforo em vez da vela. Em primeiro momento essas falhas conduziram a uma frustração, mas em seguida deu lugar a perguntas: “Por que não funcionou?” ou “Por que do outro grupo, funcionou e o meu não?”, e observando assim a definição de um objetivo da pelos alunos para eles mesmo, de fazer funcionar o foguete. Neste momento coube ao professor o papel de levar a discussão à turma, permitindo que eles encontrassem as respostas para as falhas.

Após este momento prático, levantou-se a discussão com os alunos se os resultados obtidos eram exatos ou não. Eles mesmo observaram que obtiveram tempos distintos, atribuindo ao tempo de reação de cada um. Depois foi discutido com a turma onde eles puderam identificar as leis de Newton no movimento do foguete,

não cabendo ao professor a tarefa de trazer a resposta pronta ou acabada, somente de mediador da discussão, até que os alunos encontrassem esta resposta.

Como no questionário de exploração, os alunos tinham dificuldade de expressar claramente suas ideias, mesmo sua concepção sendo correta, não conseguiam defini-la com rigor científico, neste momento entrevistamos e trouxemos a concepção formal. Mostrando que a concepção do aluno estava correta, necessitando apenas de uma definição mais formal do ponto de vista científico.

Um comparativo entre o questionário de sondagem e o questionário aplicado nesta atividade experimental, os alunos acertaram quase em sua totalidade os cálculos matemáticos em ambos. Entretanto, mais 75% dos questionários, que representam 26 questionários, apresentaram as unidades corretas de tempo, distância, velocidade e aceleração na atividade experimental. Havendo assim uma melhoria na compreensão dos alunos quanto ao uso das unidades, quando comparado com o questionário de sondagem, em que possuía em média 50% das respostas traziam unidades de medidas erradas.

A 2ª lei de Newton explica a aceleração do foguete (fundamental da dinâmica), onde “a aceleração de um corpo é diretamente proporcional à força resultante aplicada nele”. Com isso o álcool+ar no foguete gera uma força de ação e essa força gera o movimento do foguete. A 3ª lei de Newton (ação e reação) está relacionada ao movimento, pois “toda ação sobre um corpo corresponde a uma reação de igual direção e intensidade, mas de sentido contrário”. Dentro da garrafa existe a combustão que gera os gases e a força dos gases sai da garrafa pelo furinho na tampa, gerando o movimento do foguete, com a força na mesma direção, porém em sentido contrário, fazendo o foguete se mover. E a 1ª lei de Newton explica o estado de repouso, mesmo que o combustível acabe, ele só retorna ao repouso devido a uma força, que equivale ao atrito do ar e do fio.

1ª lei da inércia: Mesmo depois de ter acabado o combustível, a garrafa ainda continua um pouco em movimento, mas só para pôr razão do atrito.

2ª lei da dinâmica: A força exercida pelo álcool e o fogo interfere diretamente na garrafa,

3ª Lei da ação e reação: Quando o combustível e o fogo causam uma força para fora da boca da garrafa (ação), a garrafa na outra parte é automaticamente lançada para frente (reação).
1ª lei: O foguete só para por causa do atrito do fio.
2ª lei: a força é causada pela combustão do álcool, do ar e do fogo.
3ª lei: ação é a combustão e a reação é o foguete ir para longe.

Tabela 5 Respostas obtidas no questionário experimental, sobre a descrição do movimento do foguete de álcool com base nas três leis de Newton.

Sobre as relações do entre as leis de Newton e o movimento do foguete, constatou-se que a compreensão do estudante ao explorar esta relação, foi bem mais complexa que em comparativo ao questionário exploratório. Onde os alunos aprimoraram sua percepção de ação e reação e lei da inércia.

As respostas conduziram a uma relação entre o impulso do foguete pela reação de combustão do álcool e ar dentro da garrafa, provocando a aceleração dele, onde isso era relacionado com a 2ª lei de Newton. A ação e reação foi associada ao movimento, devido a combustão, que gerou gases que eram expelidos pelo furo da garrafa (ação) e provocando o movimento do foguete para frente (reação). Enquanto 1ª lei da inércia era atribuída ao fato de o foguete parar, devido ao atrito do fio de náilon, que caso não existisse, faria o foguete conservar seu movimento inicial. Separamos algumas respostas obtidas, que nos ajudam a evidenciar com mais clareza a discussão acima:

4.2.2 Foguete hidrodinâmico e perspectivas futuras

A definição do foguete hidrodinâmico, como atividade experimental subsequente, surgiu naturalmente como a proposta de execução dos próprios alunos, ao refletirmos sobre os tipos de foguetes que podemos executar e combustíveis que poderiam ser utilizados. Trazendo assim a perspectiva de ensino investigativo, onde

os alunos tiveram que buscar compreender a construção dos foguetes e refletir sobre o melhor modelo de execução.

A construção do foguete foi feita através de pesquisa prévia dos alunos sobre os materiais necessários para a montagem das asas e do bico, bem como a quantidade adequada de asas e peso a ser utilizado. Abaixo vemos algumas fotos dos foguetes construídos, e seu lançamento no pátio do colégio.



Figura 7 Lançamento do foguete hidrodinâmico e alguns dos modelos de foguetes lançados

Durante a execução foi debatido a relação das três leis newtonianas, com o foguete de álcool para o foguete hidrodinâmico. Sendo observado que um grande engajamento da turma, principalmente daqueles alunos dispersos durante as aulas tradicionais e expositivas.

No momento dos lançamentos dos foguetes que foram realizados no pátio escolar, os alunos das outras turmas de 2ª e 3ª série, pararam suas atividades para observar das janelas laterais das suas salas de aulas, que possuíam uma visão privilegiada do pátio. Visto que eles não realizam tal atividade durante os anos anteriores devido a pandemia.

Na última aula da sequência didática experimental, os alunos refletiram sobre as atividades realizadas, sendo instigados a pensar se havia outra forma de realizar a atividade. Surgindo o relato que os mesmo já viram na internet que o foguete podia ser feito de bicarbonato de sódio e vinagre, e também a indagação se poderia ser feito o foguete com combustível real. Neste momento explicou-se que o a garrafa pet não aguentaria a combustão de um combustível real, como gasolina e eles não deviam tentar em casa devido a mesma ser altamente inflamável, mas que com bicarbonato e vinagre era possível, e permitiriam que a atividade por eles desenvolvida pudessem ser utilizada dentro da MOBFOG, explicando-se aos alunos que não conheciam as regras da competição, como a mesma funcionava.

Nesta última etapa da sequência observou-se uma vontade dos alunos de continuar o processo de investigação, na busca de alcançar distâncias melhores de lançamentos e melhores resultados. Evidenciando um engajamento quanto ao processo de investigação científica.

Discutiremos a seguir como tal continuidade poderia ser explorada e possíveis modificações na escolha e maneira de aplicação da nossa sequência aplicada.

4.3 Sequência didática experimental: um leque de possibilidades pedagógica

Além de instigar a investigação dos conceitos de mecânica, explorados através do foguete de álcool, propusemos a elaboração aos alunos do foguete hidrodinâmico, atividade que é desenvolvida dentro da MOBFOG (Mostra Brasileira de Foguetes) como atividade de nível 3, devido ao combustível de lançamento.

A temática que exploramos é muito difundida dentro de artigos e trabalhos de pós-graduação, podemos apontar aqui três artigos que podem ser utilizados como referência para a elaboração de uma sequência didática própria e de introdução para

o docente que não possua familiaridade como esta proposta didática experimental e queiram um material mais rico em detalhes da mesma.

Ferreira, 2020, em sua tese de mestrado do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de física, propõem a construção do foguete de garrafa pet, movido a bicarbonato de sódio e vinagre, usando um espaço não formal de ensino, ou seja, fora do ambiente escolar, através de gibis, lúdicos roteirizam toda a construção dos foguetes, os seus conceitos físicos e o contexto histórico e político dos foguetes.

Fonseca, 2018, propõem em seu artigo intitulado: “Uma abordagem didática para a pressão interna de foguetes de garrafa PET propulsionados pela reação química entre vinagre e bicarbonato de sódio”, analisar a relação matemática entre a quantidade de reagentes (vinagre e bicarbonato) e a pressão interna gerada na garrafa PET, através de uma análise e montagem simples de um sistema formado por um manômetro conectado à tampa de uma garrafa PET, utilizando-se dois anéis de borracha para a vedação, e um alfinete, colado no fundo da garrafa. Analisando assim a pressão interna do dióxido de carbono através da equação de Clausius-Clapeyron e de gases de van der Waals, esta abordagem se torna efetiva dentro da proposta de vincular o conceito explorados dentro da interdisciplinaridade, permitindo a inserção do professor de química dentro da prática, e da compreensão efetiva do aluno destas duas equações de estado que a princípio se demonstram um tanto abstrata para o aluno de nível médio.

Alves, 2020, propõe em seu artigo intitulado: “Minifoguete a propelente sólido: aspectos teóricos e propostas experimentais para o ensino de física”, a construção de um mini foguete com propelente sólido, nitrato de potássio (KNO_3) que serve como oxidante e a sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), propondo uma análise física, matemática e computacional deste problema.

Numa sequência didática experimental, ao iniciar com o problema experimental simples os alunos se aprimoram mais facilmente do assunto, ganhando confiança em sua capacidade de desenvolver assunto e engajamento para desenvolver projetos mais complexos. Como Moreira, 2021, destaca: “*A aprendizagem significativa não é abrupta, é progressiva, os conhecimentos vão sendo adquiridos, progressivamente, com significados aceitos no contexto da matéria de ensino*”.

Como vimos ao aplicar nossa sequência didática, o próximo passo natural seria a substituição do combustível e o desenvolvimento do foguete de bicarbonato de sódio. Nesta esta etapa de compreensão da relação de pressão, com a reação química entre o bicarbonato de sódio e o vinagre, que a inserção multidisciplinar entre os conceitos explorados na disciplina, podem ser explorados em conjunto com a disciplina de química ao explorar o equilíbrio químico e a reação entre os reagentes na produção de CO₂, bem como essa relação entre as leis de pressão entre os gases como a eficiência do sistema físico estudado, analisando as equações de Clausius-Clapeyron e de Van de Waals, como proposto por Fonseca, para alcançar a melhor proporção de reagentes dentro do foguete para alcançar os valores de pressão de interesse para o lançamento.

Pode-se ir além da química e ser feita uma análise matemática e computacional, como sugerido por Alves (2020), para inserção e a interdisciplinaridade entre as disciplinas de física e matemáticas, dentro do estudo do lançamento oblíquo e sua relação com as equações de 2º grau. Além de prover possibilitar uma discussão química sobre as diferentes matérias e as reações que podem provocar em diferentes modelos de foguete, em termos de eficiência energética, abrindo assim um leque de possibilidades interdisciplinares.

Destacamos a possibilidade de discussão geopolítica e histórica da corrida espacial, inserindo os componentes de geografia e história. Bem como as perspectivas futuras de exploração espacial, como essencial para a manutenção da vida humana, irá requerer a colonização de outros planetas e sistemas, devido à própria evolução natural do nosso sistema solar. Entretanto tais perspectivas exploratórias passam por diversos fatores, como sair da nossa blindagem natural contra as radiações do cosmo e nossa perspectiva de vida limitada comparada às distâncias em nosso universo. Possibilitando a inserção das disciplinas de física, química, biologia, geografia e história em torno de um núcleo central.

5. Conclusão

Uma sequência didática não deve ser vista como uma fórmula pronta de ensinar determinado conteúdo de física, química ou biologia, mas uma proposta de ensino pautada nas habilidades a serem desenvolvidas através de um ensino investigativo. A definição de uma temática central que pode ser explorada e redimensionada dentro de diversos componentes curriculares do ensino médio, traz um leque de possibilidades pedagógicas, na medida que possibilita um ensino multidisciplinar, trazendo o aluno para o foco do ensino.

O aspecto investigativo deve estar no núcleo da sequência didática, quando tratamos de uma sequência didática experimental, cabendo ao professor construí-la de tal modo que, partindo de um modelo experimental simplista, situe o aluno dentro do processo investigativo e evolua dele. Nessa perspectiva construímos um modelo de sequência didática e aplicamos a temática foguete nela, inicia a sequência com o foguete de álcool de fácil percepção das variáveis que influenciam no modelo experimental, para o modelo mais complexo que é o foguete hidrodinâmico.

Ao trazer a proposta experimental inicial de exploração, constatou-se o engajamento e curiosidade dos alunos pelo aumento do grau de complexidade na atividade realizada, buscando por eles próprios serem responsáveis pelo andamento da sequência. Tal engajamento deve ser o foco central de qualquer sequência didática de ensino exitosa, seja ela experimental ou não, buscando-se um processo de ensino aprendizagem que traga a participação ativa do aluno. Esses dois fatores devem-se destacar como norteadores de qualquer sequência didática.

Trouxemos por fim um recorte de três artigos que possibilitam a modificação e expansão da sequência didática que propomos, desenvolvendo assim novas habilidades a partir da construção de uma sequência didática multidisciplinar. Indo além das disciplinas de ciência da natureza, podendo relacioná-la com disciplinas das áreas de ciências humanas. Ficando assim como proposta de aplicação para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. L. **Minifoguete a propelente sólido: aspectos teóricos e propostas experimentais para o ensino de física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, e20200390 (2020).

AZEVEDO, M.C.P.S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula.** In:_____. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática.** Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org). São Paulo: Thomson, 2004. p.19-33.

BARROS, T. R.; DIAS, W. S. **Práticas experimentais de Física a distância: Desenvolvimento de uma aplicação com Arduino para a realização do Experimento de Millikan remotamente.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 41, nº 4, 2019.

BIANCHINI, T. B. **O Ensino por Investigação abrindo espaços para a argumentação de alunos e professores do Ensino Médio.** Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2011.

FERREIRA, J.P. **Construção de foguetes com garrafas pet para a mostra brasileira de foguetes (mobfog):** uma proposta pedagógica utilizando gibi. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Física, 2020.

FONSECA, M.V.S. **Uma abordagem didática para a pressão interna de foguetes de garrafa PET propulsionados pela reação química entre vinagre e bicarbonato de sódio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 3, 2018.

GALBIATTI, D. A. **Uma abordagem histórico-cultural para o ensino de física: análise e proposta de uma sequência didática.** Revista Ibero-americana de Educação. pg. 111-130, vol. 72, nº 1, 2016.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. **Física 1**. 4ª edi. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos Científicos Editora S. A. 1983

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; Walker, J. **Fundamentos de física, volume I: mecânica I**. Tradução e revisão técnica de Ronaldo Sérgio de Biasi. - Rio de Janeiro : LTC, 2012. il. ; 28 c.

HENNEMANN, L. **Importância da pesquisa e desenvolvimento de foguetes e propulsão**. Journal of Aeronautical Sciences, vol. 7, n 1, p. 1-3, Jan-2016.

LIMA, D. F. **A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio**. Rev. Triang. Uberaba, MG, v.11, n.1, p.151 – 162, Jan- Abr, 2018.

MASSOLINE, Elisaine Inês Tonatto. **Sequências didáticas de física na primeira série do ensino médio através da investigação científica**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Florianópolis, 2019.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, **Base Nacional Comum Curricular – Ensino Médio**. Brasília, 2021.

____. MOBFOG- Mostra Brasileira de Foguete. Disponível em:<
<http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&idcat=29&pag=conteudo>>.

MOREIRA, M. A. **Desafios no ensino da física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, 2021.

NEWTON, Issac; **MATHEMATICAL PRINCIPLES OF NATURAL PHILOSOPHY AND HIS SYSTEM OF THE WORLD**. University of California: 1729.

OLIVEIRA, F. S. Lançamentos de foguetes como uma ferramenta pedagógica para o ensino de física. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Mato Grosso - Polo Barra do Garças, Minas Gerais, 2019.

OLIVEIRA, G. G. Experimentos portáteis para aula sobre indução eletromagnética, geradores e motores. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 44, 2022.

PAGLIARINI, C. R. Leituras por alunos do ensino médio de textos de cientistas sobre o início da física quântica. Ciênc. Educ., Bauru, vol. 22, n. 2, p. 299-317, 2016.

SILVA, J.C.X. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. Revista Brasileira de Ensino de Física. vol. 39, nº 1, 2017.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. FÍSICA I- MECÂNICA. 12ª ed. São Paulo, Addison Wesley, 2014.

ANEXO I (QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM)

- 1- O conceito de deslocamento é fundamental no estudo da mecânica clássica. Defina, com base em seus conhecimentos, o conceito de deslocamento.
- 2- Um ciclista inicia uma viagem a partir do quilômetro 200 de uma rodovia e chega em seu destino no quilômetro 220. Qual foi o deslocamento escalar do ciclista durante a viagem?
- 3- Explique o que é velocidade média, utilizando, se souber, exemplos presentes na sua vida?
- 4- Alonso decidiu passear pelas cidades próximas da região onde mora. Para conhecer os locais, ele gastou 2 horas percorrendo uma distância de 120 km. Qual a velocidade média de Alonso durante o seu passeio?
- 5- Descreva o conceito de aceleração média, utilizando, se souber, exemplos presentes na sua vida?
- 6- As três de Newton são os alicerces que possibilitaram o desenvolvimento da dinâmica clássica. Descreva essas três leis e suas aplicações na nossa vida.
- 7- Durante uma colisão frontal contra um muro de concreto, um piloto de fórmula 1, sofre uma desaceleração de aproximadamente 560 m/s^2 . Sabendo que um carro de fórmula 1 tem em média uma massa de 500 kg e desprezando a massa do piloto, calcule a força de impacto do carro contra o muro.

ANEXO II (QUESTIONÁRIO EXPERIMENTAL)

1-Preencha os valores da tabela abaixo, usando o celular:

$\Delta s(m)$	
---------------	--

Medida Tempo (s)	
1	
2	
3	
Média do tempo= $(t_1+t_2+t_3)/3$	

2- Calcule a velocidade média do seu foguete, usando a expressão: (Use a média dos tempos calculados).

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

3- Considerando o foguete partindo do repouso e atingindo a sua velocidade máxima próximo ao final do seu movimento, calcule a aceleração média.

4- O movimento do foguete cessa(para) quando acaba o combustível?

5- Explique o movimento do foguete, usando as 3 leis de Newton.