

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

**A CONSTRUÇÃO DE FOGUETE DE GARRAFA PET NUM CONTEXTO
HISTÓRICO DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA**



JOSÉ DE ABREU MATOS

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PIAUÍ



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

JOSÉ DE ABREU MATOS

PRODUTO EDUCACIONAL

**A CONSTRUÇÃO DE FOGUETES COM O USO DE GARRAFAS PET NUM
CONTEXTO HISTÓRICO DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA**

TERESINA

2023

JOSÉ DE ABREU MATOS

PRODUTO EDUCACIONAL
A CONSTRUÇÃO DE FOGUETES COM O USO DE GARRAFAS PET NUM
CONTEXTO HISTÓRICO DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA

Projeto de Pesquisa apresentado à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, polo 26, da Universidade Federal do Piauí – UFPI, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio

Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho

TERESINA/2023

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Momento do embarque para a disputa da MOBFOG	17
Figura 02 – Nossa chegada no local da competição-MOBOFOG	17
Figura 03 – Trabalhos com o coordenador da MOBFOG-Canalle	17
Figura 04 – Momento da premiação	17
Figura 05 – Troféu conquistado em 2019 na 13ª MOBFOG	18
Figura 06 – Palácio dos Leões-São Luís-Encontro com o Governador	18
Figura 07 – Trajetória parabólica	23
Figura 08 – Distância horizontal-45°	26
Figura 9 – Forças que atuam no Foguete durante o voo	27
Figura 10 – O CG-Estabilidade do Foguete	32
Figura 11 – Partes de um Foguete padrão	42
Figura 12 – Preparação do kit pelos alunos	44
Figura 13 – Alunos concluindo a base do foguete	45
Figura 14 – Procurando a estabilidade do foguete	46
Figura 15 – Foguete na Base de Lançamento	46
Figura 16 – Montagem de um Foguete	47
Figura 17 – Foguetes montado e suas partes diversificadas	47
Figura 18 – Momentos em que chegamos no local de lançamento	47
Figura 19 – Alunos colocando o foguete na Base de Lançamento	48
Figura 20 – Alunos abastecendo os foguetes para serem lançados	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Esboço da Sequência Didática	39
Quadro 2 – Esboço da Base de Lançamento 1	48
Quadro 3 – Esboço da Base de Lançamento 2	48
Quadro 4 – Esboço da Base de Lançamento 3	49
Quadro 5 – Esboço da Base de Lançamento 4	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEB	Agência Espacial Brasileira
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CNE	Conselho Nacional da Educação
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
DCTMA	Documento Curricular do Território Maranhense
IBECC	Instituto Brasileiro de Educação Ciências e Cultura
IEMA	Instituto de Educação Ciências e Tecnologia do Maranhão
LDBEN	Lei de diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MOBFOG	Mostra Brasileira de Foguetes
NASA	National Aeronautics and Space Administration-Administração da Aeronáutica e do Espaço
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
OBA	Olímpiada Brasileira de Astronomia Astronáutica
OIA	Olimpíada Internacional de Astronomia
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PE	Produto Educacional
PVC	Policloreto de Polivinila
Qf	Questionário final
Qi	Questionário inicial
SD	Sequência Didática
STEAM	Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática

LISTA DE SÍMBOLOS

© - copyright

@ - arroba

® - marca registrada

Σ - Somatório de números

ρ - Massa específica do ar (kg/m^3)

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	07
1.1 CONTEXTO HISTÓRICO DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA	10
1.2 PROJETO INTEGRADOR – OUTRAS ÁREAS DO CONHECIMENTO – LINGUAGEM MATEMÁTICA – GEOGRAFIA E HISTÓRIA	12
1.2.1 O PAPEL DA HISTÓRIA NO AVANÇO DA TECNOLOGIA	14
1.2.2 NOSSA HISTÓRIA DENTRO DA MOBFOG	16
1.2.3 ESTUDO DA DINÂMICA NO LANÇAMENTO DE FOGUETES	19
1.2.4 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E ARTICULAÇÃO ENTRE A PARTE HISTÓRICA E A EXPERIMENTAÇÃO	33
1.2.5 PROTOCOLOS DE SEGURANÇA NA COSTRUÇÃO DO FOGUETE	37
Atividade Experimental 1 – Preparação do kit	
Atividade Experimental 2 – Construção da Base de Lançamento do Foguetes	
Atividade Experimental 3 – Construção do Foguete	
Atividade Experimental 4 – Lançamento do Foguete	
Atividade Experimental 5 - Corrigindo erros na Base do Foguete e no Foguete	
1.3 PROBLEMA	38
1.3.1 OBJETIVOS	38
1.3.2 OBJETIVO GERAL	38
1.3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICO	38
2 CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES	39
2.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	39
2.1.1 ETAPAS A SEREM DESENVOLVIDAS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	39
2.1.2 Apresentação da SD, Aplicação do Qi, História dos Foguetes, E o Contexto Histórico no Ensino e Aprendizagem da Física e as Leis de Newton	39
2.1.3 Lançamento de Projéteis ou Lançamento Oblíquo, Forças que atuam num Foguete Durante o Voo	42
2.1.4 A Estabilidade de um Foguete durante o Voo, Atividade Experimental I – Preparação do Kit	43
2.1.5 Atividade Experimental II – Construção da Base Lançadora do Foguete	44
2.1.6 Atividade Experimental III e IV – A Construção do Foguete e o Lançamento do Foguete	45
2.1.7 Atividade Experimental V - Corrigindo Erros na Base de Lançamento do Foguete e no Foguete	46
2.1.8 Lançamentos dos Foguetes	47
2.1.9 Encerramento dos Encontros e a Aplicação do Qf	50
REFERÊNCIAS	53

INTRODUÇÃO

Até o século XVII, muitos tipos de conhecimento eram tratados como aspectos da filosofia. Usavam-se princípios gerais de raciocínio para explicar a natureza, a sociedade e a religião. Galileu e outros estudiosos desenvolveram, então, novos métodos para examinar o mundo natural. Acrescentando a experimentação, a medição e o cálculo ao raciocínio, tiraram da filosofia o estudo da natureza e transformaram em ciências. Hoje a ciência está dividida em ramos, como biologia, química e física. Cada qual tem seu objeto de estudo: a biologia, os seres vivos; a química, os elementos; a física, as ações e forças. Apesar de serem especialidades distintas, essas ciências compartilharam muitas técnicas. O trabalho de Galileu contribuiu imensamente para dar mais destaque às medições experimentais e aos cálculos matemáticos na física e em todas as ciências. (O Primeiro Físico, Galileu Galilei, pág.10, 2008).

Inspirando-se nos astrônomos, Galileu começou a estudar a natureza na Terra com métodos de medição e cálculos usados até hoje. Aplicou-os principalmente em seu estudo dos movimentos: queda de pedras, oscilações de pêndulos, entre outros. Também fez importantes descobertas em astronomia com a ajuda de um telescópio, que ele aperfeiçoou significativamente logo depois da invenção do instrumento em 1608. A palavra física deriva do grego *physikê*, que significa natureza. Há 2300 anos, o filósofo ateniense Aristóteles escreveu um livro sobre filosofia natural e o intitulou física. As concepções aristotélicas sobre a natureza dominaram o pensamento europeu por quase dois milênios. Os filósofos naturais ensinavam um conjunto de preceitos sobre as causas de todas as ações do planeta e sobre a natureza de todo o universo. Com Galileu, a lógica aristotélica da natureza deu lugar à física matemática. (O Primeiro Físico, Galileu Galilei, pág.10 e 11, 2008).

A grande maioria dos trabalhos sobre a história do ensino de Física no Brasil produzidos nos últimos anos remonta à década de 1950, já que inovações educacionais se iniciaram nessa década. Nardi (2005), por meio de entrevistas com os principais pesquisadores da área em ensino de ciências, mostra que, nesse período, além da mudança no enfoque educacional científico, houve também o início da pesquisa em ensino de ciências. As conclusões de Nardi (2005) apontam que essa mudança ocorre

[...] a partir de 1946 com a instalação do IBECC (Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura), quando essas instituições nacionais tomaram a liderança no desenvolvimento de materiais didáticos na área de ensino de

ciências. A instalação do IBECC proporcionou a implantação de projetos que iniciaram com o apoio a atividades escolares como feiras, museus e clubes de ciências, pesquisa e treinamento de professores. (NARDI, 2005, p.67).

A história dos foguetes está intimamente ligada ao desejo do homem em conhecer mais sobre o universo e sobre se mesmo. Muitas culturas, ao longo do mundo, em diferentes épocas, mostraram o seu interesse pelo universo e procuraram, de alguma forma, um modo de poder explorá-lo. É nesse contexto que surge o mito grego de Dédalo e Ícaro, o relato mais antigo que se tem notícia sobre a curiosidade do homem pelo universo.

Historicamente, a ciência avançou conforme a necessidade daqueles que detém o poder, ou dos que querem tomá-lo para si – conforme Guerra (2015). Para ganhar uma guerra, uma nação se empenha totalmente e, se ao final, os possíveis avanços tecnológicos obtidos são inseridos posteriormente em benefícios da sociedade em diversos campos do conhecimento. Apesar do fascínio do ser humano com o espaço, o que motivou o grande avanço tecnológico nessa área, conforme os autores Damineli e Steiner (2010), foi a disputa pelo poder mundial. Com isso, trabalhos como os de Konstantin Tsiolkovsky, Robert Goddard, entre outros, passaram a ser estudados mundialmente para fins bélicos, e, por fim, como uma ferramenta de exploração espacial. Nesse campo, destacaram-se: Wernher Magnus Maximilian von Braun, alemão naturalizado americano, e o soviético Sergei Korolev (NASA, 2001).

Durante o período da Guerra Fria, o governo americano desenvolveu um programa de divulgação dos foguetes em parceria com a Nasa com o objetivo de incentivar jovens a ingressarem na carreira científica, assim, garantir sua liderança tecnológica na área. Como foguetes são dispositivos destinados ao transporte de uma carga útil. Eles podem ser classificados de acordo com sua função, o número de estágios e o tipo de propelente usados. No projeto de divulgação desenvolvido pelos americanos, havia vários tipos de foguetes, desde os mais simples, construídos com papel cartão ou cartolina, e que são ejetados soprando-se um canudo de refrigerante, até os mais sofisticados, movidos por propelente sólido.

No ano de 2009, o Brasil, através Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), também passou a utilizar os foguetes como uma forma de divulgação científica, por meio da mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), qual convida as melhores equipes participantes de todo o Brasil. A OBA desenvolve seu projeto em quatro níveis diferentes:

Nível I - destinado aos estudantes do 1° ao 3° ano do ensino fundamental;

Nível II – destinada aos estudantes da 4° ou 5° ano do ensino fundamental;

Nível III – destinada aos estudantes entre o 6° e o 9° ano do ensino fundamental;

Nível IV – destinada aos estudantes em qualquer série/ano do ensino médio, ou se já concluiu o ensino médio, desde que continue participando vinculada ao colégio onde concluiu o ensino médio. Se já está no ensino superior, também pode participar, desde que a instituição se cadastre na OBA/MOBFOG.

De acordo com a OBA, seus objetivos são:

[...] fomentar o interesse dos estudantes pela Astronáutica, Física, Astronomia e ciências afins, promover a difusão dos conhecimentos básicos de uma forma lúdica e cooperativa, mobilizando num mutirão nacional, alunos, professores, coordenadores pedagógicos, diretores, pais e escolas, e instituições voltadas às atividades aeroespaciais. (MOBFOG, 2018, P.1).

Nesse contexto, esperamos que os conhecimentos possibilitados pela disciplina Física no Ensino Médio, possa contribuir não apenas para a aquisição do conhecimento científico, mas, também, para que o aluno se conscientize do seu papel de cidadão, neste mundo cada vez mais globalizado. Para que isso seja possível, entendermos ser necessário contextualizar o conhecimento da Física, bem como identificar diferenças existentes entre suas principais teorias.

Assim, diante dos problemas acadêmicos, sociais e econômicos, os quais podem comprometer o desenvolvimento da sociedade como um todo, faz-se necessário pensar na formação de um cidadão capaz de enfrentar o mercado de trabalho, de trabalhar em grupo para procurar a solução de problemas que necessitem do conhecimento não só da Física, mas da ciência como um todo. Particularmente, sobre a Física, cabe à escola criar condições objetivas e subjetivas para que o aluno se torne apto a trabalhar em grupo, a ser proativo e dinâmico. Outro desafio é incentivar o gosto por essa disciplina, ou seja, que esse aluno se sinta motivado pela importância e necessidade desta disciplina e que reconheça a sua importância. E aqui surge a necessidade de se pensar, de se pesquisar sobre a Construção de Foguetes com Garrafas pet, Num Contexto Histórico do Ensino e Aprendizagem da Física.

Diante dessas considerações, apresentamos, o problema, os objetivos e a justificativa desta proposta de pesquisa/Produto Educacional, onde pretendemos trabalhar com uma Sequência Didática envolvendo a parte teórica, prática, os conceitos físicos, além, do

histórico da Construção de Foguete ao longo dos tempos, destacando a importância da MOBFOG e da OBA para o Ensino e Aprendizagem da Física. Vale lembrar também que vamos trabalhar com experimentos, pois, vamos construirmos Base de Lançamento do Foguete, construirmos o Foguete e por último lançarmos o Foguete.

1.1 Contexto Histórico do Ensino e Aprendizagem da Física.

Grande parte dos textos de Física que foram adotados nas escolas e universidades brasileiras, no pós-guerra, em sua maioria, traduções de textos de autores norte-americanos, apresenta a Física, e em particular a Mecânica, como simples, como simples e intuitiva, sendo inventada por Newton, sem maiores dificuldades, e tendo em Galileu uma espécie de coadjuvante esforçado, porém pouco eficiente. Kepler e Copérnico são agraciados com uns poucos parágrafos e Descartes quase nunca mencionado. Já as ideias de Aristóteles e Ptolomeu são comentadas – quando são de forma que pareçam tolas ou então reacionária.

Esses textos, tecnicamente corretos, porém, sob ponto de vista humanístico, extremamente pobres, já formaram várias gerações de físicos, químicos, engenheiros e professores com inegável eficiência e pragmatismo. No entanto, algo de muito precioso se perdeu nesse processo de aprendizagem: o sentido de tempo histórico. Nessas últimas décadas, no Brasil, o aprendizado de História da Ciência só pôde ser feito por uns poucos abnegados, e de forma praticamente autodidata.

A ciência brota de nossos livros universitários, como que em passes de magia, induzindo-nos a crer que Newton tirou de sua cartola o conjunto de leis que sintetizaram toda a ciência de milênios. Este abracadabra faz surgir diante dos alunos, pronta e reluzente, a relação $F = ma$, antes mesmo que a maçã de Newton toque o chão! É uma visão mágica de ciência que nos fez sonhar, durante estas últimas décadas, com os fantásticos gênios e suas descobertas maravilhosas.

Na verdade, esses livros escondiam uma ideologia de guerra-fria, que surgiu logo depois da Segunda Guerra Mundial, que opunha frente a frente superpotências militares e agora, em plena era da globalização, continuam escondendo dos estudantes das áreas científicas o humanismo necessário para a construção de uma sociedade mais justa e menos tecnocrática. O objetivo é mostrar, assim, a ciência como algo neutro, prático, linear, objetivo, desprovido de historicidade. Não é prioritário saber como nascem e evoluem as ideias científicas, mas sim, como aplicá-las de sorte a produzirem efeitos

práticos e imediatos. A corrida tecnológica e as frias leis de mercado nutrem, a qualquer preço, esta ideologia até os presentes dias. Portanto, não nos é revelado como é penoso, lento, sinuoso e, por vezes, violento, o processo de evolução das ideias científicas.

Os manuais, por visarem familiarizar rapidamente o estudante com o que a comunidade científica contemporânea julga conhecer, examinam as várias experiências, conceitos, leis e teorias da ciência em vigor tão isolada e sucessivamente quanto possível [...] esta técnica da apresentação quando combinada com a atmosfera a-histórica dos escritos científicos [...] causa a impressão de que a ciência alcançou seu estado atual através de uma série de descobertas e invenções individuais, as quais, constituem a coleção moderna dos conhecimentos técnicos. (Origens e Evolução das Ideias da Física – José Fernando Rocha (Org), pág. 25, 2.ed.).

O ensino de ciência na maioria das universidades brasileiras, e por indução não temos receio de generalizar esta observação para universidades de outros países, limita-se assim à leitura, por parte dos estudantes, de livros-texto especialmente preparados para adestrá-los em problemas normais e corriqueiros das teorias aceitas, até aquele momento, como corretas representações da natureza. Até na pós-graduação, e muitos casos até a sua conclusão, é muito raro que um estudante seja incentivado por seus professores e orientadores a ler textos originais dos grandes pensadores (as chamadas fontes primárias) ou livros de História ou Filosofia da Ciência. Este procedimento pedagógico, levado aos últimos estágios da formação de um cientista, faz com que este adquira um conhecimento parcial da ciência, sendo levado a acreditar, erroneamente, que no passado a evolução do pensamento de forma linear até chegar, sem traumas, às ideias e práticas científicas em vigor, e que no presente estas mesmas práticas sejam as únicas possíveis e imagináveis. Criam-se assim, no seio das academias, técnicos-cientistas altamente competentes para a resolução de problemas da ciência em vigor, mas que, por outro lado, em momentos de crise, serão pouco capazes de questionar criticamente uma ciência a qual se habituaram a perceber como eterna, além de que incapazes, se necessário buscar soluções heterodoxas. Para que perder tempo lendo as obras imaginárias de Copérnico, Kepler, Newton, De Broglie, ou Einstein se os textos as resumem de forma tornarem-nas úteis para a prática científica? Para que ler Platão, Aristóteles, Descartes, Spinoza ou Kant suas elucubrações filosóficas pouco têm de útil para a resolução de problemas atuais ou para a consolidação das teorias vigentes? São exatamente essas lacunas de ordem cultural que preencher, pois

enquanto artistas e escritores veneram seus museus e bibliotecas, buscando nestes a inspiração para novas criações, grande parte das comunidades científicas veem o passado como algo arcaico e desconexo de sua prática ou ainda como tão óbvio e trivial que leva inevitavelmente às suas práticas e teorias.

Recuaremos, pois, no tempo, de forma a mostrar que as ideias científicas, as artes, as ideologias políticas, as invenções, as necessidades materiais, e até mitos e religiões, caminham juntos, entrelaçados num fluxo, por vezes lento, por vezes cíclico, ora abrupto, chamado história.

1.2 Projeto Integrador – Outras áreas do conhecimento – Linguagem Matemática – Geografia e História

Uma maneira produtiva de refletir sobre as relações entre linguagem matemática e o ensino de conhecimentos científicos foi considerar a evolução histórica do pensamento sobre o mundo natural. Foram necessários séculos, senão milênios, para que o pensamento científico pudesse se apoiar em linguagem matematizada. Dos antigos gregos aos iluministas franceses, episódios históricos podem revelar as dificuldades do pensamento científico em estruturar a partir da Geometria, da Álgebra e de outros sistemas lógicos visando interpretar os fenômenos naturais. Esperar que nossos estudantes incorporem naturalmente a Matemática ao pensamento físico é desconsiderar o esforço de gerações de cientistas que tornaram isso possível. Procedendo desta maneira, corre-se o risco de permitir que concepções ingênuas sobre a relação Matemática – Física se instalem no processo ensino-aprendizagem, outorgando à primeira o papel de apenas descrever um mundo físico inerentemente organizado. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 85, 1ª edição).

Uma forma didaticamente produtiva de considerar a relação entre a Física e a Matemática é considerar a última linguagem da primeira. Mas não na perspectiva galileana apontada acima, demasiadamente simplista. Não é suficiente aprender o “alfabeto” matemático para extrair as leis e os princípios dos fenômenos físicos, assim como não é o suficiente conhecer o alfabeto Árabe para ser capaz de ler o Alcorão em sua versão original. Isso porque a linguagem, mesmo escrita, constitui-se num sistema mediador entre as coisas e as relações presentes no mundo e nosso pensamento. Brodowski (1983) deixa esse ponto claro ao destacar dois aspectos da linguagem. Uma que ele chama que ele chama de *linguagem de ordens* e outra, de *linguagem de ideias*. Para este autor, a linguagem de ordens é aquela dos animais e que exprimem necessidades imediatas. Um cão ao rosar diz “não” se aproxime. Seres

humanos também empregam a linguagem de ordem, mas possuem outro tipo de uso de linguagem, que lhes é exclusivo. A linguagem de ideias é muito mais complexa. Podemos nos comunicar sobre fatos e situações imaginadas e acontecimentos passados produzidos e armazenados em nossa mente. Somos também capazes de fazer avaliações e julgamentos. Ao empregarmos a palavra “bonito”, não estamos fazendo apenas a descrição de uma situação ou coisa. Produzimos a palavra “bonito”, estamos lançando mão de uma ideia que não se encontra especialmente vinculada a objetos, como a Mona Lisa de Da Vinci, ou a catedral de Brasília, mas também sobre uma cena familiar, ou ainda sobre um gesto de afeto. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 86, 1ª edição).

Segundo Brodowski:

A existência de palavras ou símbolos para coisas ausentes, desde “dia bonito” a “impedimento definitivo”, permite que os seres humanos pensem em se mesmos em situações que não existem realmente. Este dom é a imaginação, e é simples e forte, porque não é senão a capacidade humana de criar imagens no espírito e de as utilizar para construir situações imaginárias. (Brodowski, 1983, pág. 33).

A ideia aqui expressada por Brodowski permite atribuir um papel criador à linguagem, que, ao dar forma às ideias produzidas por nossa imaginação, **estrutura** o pensamento e permite apreender as diversas faces do mundo, física, social, onírica, dentre outras.

Na Antiguidade, na Idade Média e no Renascimento, fenômenos naturais como a queda dos corpos e os movimentos dos astros eram interpretados por meio de sistemas conceituais muito diferentes dos sustentados pela Ciência moderna. Egípcios e babilônios, por exemplo, elaboravam sistemas cosmológicos que incluíam previsões de eventos celestes e calendários que não tinham nas matemáticas seu alicerce principal. Evitando nos afastar demasiadamente da tradição científica moderna, podemos tomar como um sistema exemplar a “Física aristotélica”, cuja interpretação do mundo físico baseava-se na ideia de *lugar natural* e na lei que afirmava que os corpos buscavam *seu lugar natural* no universo: corpos com essência do tipo *terra* se encontrariam mais próximos do centro do universo, em oposição àqueles do tipo *fogo*, que estaria na parte periférica da esfera terrestre. Também as críticas a partes desse sistema de pensamento, feitas por Buridan, Oresme e outros escolásticos medievais, não eram matematizados. Na origem, tais pensamentos eram descritos em latim medieval, fazendo uso de argumentos refinados, mas apresentados em linguagem não

formalizada, como na maioria dos tratados da época. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 82, 1ª edição).

Foi no século XVII, com o advento da Ciência moderna, que os fenômenos naturais passaram a ser sistematicamente expressos por meio de relações matemáticas. Essa prática configurou-se como herança da tradição pitagórica. Nela, a natureza era concebida por meio de analogias entre os fenômenos, e as relações, tiradas de forma idealizadas. A Geometria era a linguagem da natureza por excelência, sendo o mundo seu campo de inspiração e aplicação das relações lá produzidas. A Matemática se colocava como o revestimento de formas ideais que se acreditava estariam na própria essência da natureza (Paty, 1989). Galileu introduziu uma pequena modificação na tradição pitagórica. Para ele, a Matemática era um conhecimento que permitia uma leitura direta da natureza (Paty, 1989). Galileu apresenta sobre linguagem da natureza no texto *II Saggiatore*. Sobre a concepção galileana de linguagem, Paty afirma que:

Para justificar o caráter matemático da magnitude das leis em física, Galileu invocava a ideia de que o “livro da natureza” é escrito linguagem de figuras e números. “Suas letras tipográficas”, ele escreveu falando do Universo, “são triângulos, círculos e outras figuras geométricas, sem as

quais é impossível para um ser humano entender uma única palavra dele”. E acrescentou que todas as propriedades dos corpos externos na natureza podem ser atribuídas, em última análise, às noções de “magnitudes”, figuras números, lentidão ou rapidez, elas têm efeitos sobre nossas percepções sensoriais, e são, por assim dizer a essência das coisas”. (Paty 1989, p. 234)

Hoje, a Matemática está alojada de forma definitiva no seio da Física. Isto fica claro quando avaliamos os produtos de sua atividade científica. Nos livros e artigos, vê-se que a Matemática recheia o discurso físico por meio de funções, equações, gráficos, vetores, tensores, inequações e geometrias diversas, entre outras. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 79, 1ª edição).

1.2.1 O Papel da História no Avanço da Tecnologia

A palavra “tecnologia”, no âmbito educacional, permite uma série de associações e entendimentos, e, não raro, a vemos relacionada a termos como “robótica”, “programação”,

“prototipação digital”, entre outros. Haja vista suas dimensões, imbricações e seus consequentes impactos em nossas vidas, é totalmente compreensível a confusão que se faz quando falamos em tecnologia em sala de aula. (STEAM em sala de aula – Lilian Bacich e Leandro Holanda (Orgs.), pág. 71, 1ª edição).

Para começar a explicar a palavra “tecnologia, vale trazer um exemplo resumido e corriqueiro, que é o uso de uma pequena máquina de computar dados: o computador. Quando você usa o computador, está, ao mesmo tempo, trabalhando com a parte física e virtual da máquina. Ao ligá-lo, digitar os comandos de *login* e mexer no *mouse*, tem contato com o que chamamos *hardware*. Desde o momento em que o sistema se iniciou, uma parte virtual passa a funcionar, resultado de uma série de combinações binárias (ligado e desligado, logo, zero e um), mostrando na tela uma caixa de diálogo ou ícones que dão acesso a diversos programas e aplicativos, como editores de texto, tocadores de música, entre outros. A essa parte não física damos o nome de *software*. Máquinas de computar dados com *hardware* e *software* são utilizadas como extensões da capacidade humana de intervir no mundo; são o ser humano ampliado (SANTAELLA, 2007), em que braços e pernas estão simbolicamente ligados à ideia do *hardware*, e o cérebro (memória e inteligências), ao *software*.

A partir da analogia entre ser humano e máquina de computar, podemos nos aproximar do entendimento sobre o início/ápice do desenvolvimento tecnológico atual, quando nos deparamos com a imensa quantidade e variedade de dispositivos computacionais que potencializam as atividades humanas de comunicação, interação social, transporte, segurança (controle e vigilância), preservação (saúde reprodução), armazenamento, entretenimento etc. (STEAM em sala de aula – Lilian Bacich e Leandro Holanda (Orgs.), pág. 71, 1ª edição).

Nessa sociedade complexa, e com a rapidez com que a tecnologia influencia cada meandro do cotidiano, como fazer para estudá-la dentro da escola? A simples ação de ligar o computador pode iniciar um debate técnico e, por que não filosófico sobre o funcionamento de uma máquina para além de uma simples caixa preta (FLUSSER, 2013).

A tecnologia se altera rapidamente, e aquilo que se demonstra como senso comum ou é apontado como tendência pode mudar brevemente. No que tange às linguagens de programação e aos *softwares*, o que vale são as opiniões formadas pelos desenvolvedores e programadores sobre eles e o quanto estes os utilizam, além de considerar-se, claro, o aval do usuário final. Mesmo o Adobe Flash Player, um dos mais diversificados *softwares* para rodar vídeos, jogos e animações de criação, que reinou absoluto por quase duas décadas, teve seu trono destruído. Muito utilizado para criar pequenas animações e interações entre o final dos anos 1990 e a primeira década dos anos 2000, ninguém apostaria que ele um dia seria

descontinuado. Com seu uso massificado, desenvolvedores e programadores apontaram cada vez mais brechas de segurança e o alto consumo de bateria, além de usuários reclamarem da necessidade de *plugin* local (instalar na máquina) – estava decretado, aí, o início do desuso. Logo fabricantes de *tablets*, *smartphones* e de alguns modelos de computadores passaram a não permitir sua instalação, dando espaço para que outras linguagens, como HTML5 e Python, pudessem crescer e se estabelecer. O sepultamento do Flash foi anunciado pelo fabricante no segundo semestre de 2019 (MICROSOFT, 2019).

A única coisa que se estabelece na tecnologia é a mudança e, com isso, seus aspectos técnicos de consequências políticas e culturais, conforme previu Lévy, ao afirmar que existe:

[...] essência congelada do computador, mas sim um campo de novas tecnologias intelectuais, aberto, conflituoso e parcialmente indeterminado. Nadas estar decidido a priori. Os dirigentes das multinacionais, os administradores precavidos e os engenheiros criativos sabem perfeitamente {...} que as estratégias vitoriosas passam pelos mínimos detalhes “técnicos”, dos quais nenhum pode ser desprezado [...], e que são todos inseparavelmente políticos e culturais, ao mesmo tempo que são técnicos [...] (LEVY, 1993, pág. 9).

1.2.2 Nossa História Dentro da MOBFOG

Tudo começou no ano de 2019 numa escola estadual de ensino médio técnico profissional-iema (Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, quando um colega e eu tivemos a ideia de criar uma eletiva cujo tema era: **“Para o alto e Avante”**. No decorrente ano (2019), seria realizada no Rio de Janeiro a 13 MOBFOG-Mostra Brasileira de Foguetes e a 22º OBA-Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA é realizada na própria escola). A princípio nosso objetivo era classificar os alunos do iema para disputar a MOBFOG, realizada em Barra do Piraí – Rio de Janeiro, foi classificada uma equipe composta por três alunos que teve como líder de equipe eu: José de Abreu Matos. Essa eletiva teve uma duração de seis meses. (Introdução) durante suas aplicações trabalhamos com algumas etapas:

1º Etapa: montamos a base do foguete;

2º Etapa: foi trabalhado alguns conteúdos de Física como: As Leis de Newton, Lançamento Oblíquo e outros;

3º Etapa: Lançamento de foguetes, para classificar a equipe que tivesse o melhor desempenho.

Como só classificava uma equipe, na madrugada do dia 13 para o dia 14 de outubro 2019 fomos para o Rio de Janeiro para a disputa da MOBFOG, e nos dias 16 e 17 de outubro a MOBFOG deu início às competições. Cada equipe entre os 53 presentes tinha direito em dois lançamentos. O nosso primeiro lançamento atingimos 229 m e o segundo lançamento 179 m, ou seja, nossos dois lançamentos foi o suficiente para conseguirmos medalhas de ouro, porém eles levam em conta o lançamento de maior alcance.

Abaixo algumas fotos dos trabalhos realizados:



Figura 1. Fonte: Próprio autor. Momento de pegar o avião para a disputa da MOBFOF no Rio de Janeiro.



Figura 2. Fonte: Próprio autor. Momento em que chegamos em Barra do Pirai- Rio de Janeiro para a disputa da MOBFOG.



Figura 3. Fonte: Próprio autor. Momento com o professor Canalli-coordenador da MOBFOG.



Figura 4. Fonte: Próprio autor. Momento da premiação de nossa equipe.



Figura 5. Fonte: próprio autor. Troféu que recebemos da 13ª MOBFOG (equipe campeã).



Figura 6. Fonte: Próprio autor. Visitando o Governador Flávio Dino, no Palácio dos Leões-São Luís.

1º Foto: Momento de pegar o avião para irmos ao Rio de Janeiro;

2º Foto: Momento em que chegamos no rio de Janeiro;

3º Foto: Momento com o coordenador da MOBFOG-Antônio Canalli;

4º Foto: Momento da premiação;

5ª Foto: Troféu conquistado na 13ª MOBOFOG;

5º Foto: Palácio dos Leões – São Luís – MA, momento com o Governador do Maranhão Flávio Dino, diretor do iema-Elinaldo e secretário de educação do Maranhão-Felipe Camarão e a gestora Izis do iema de Matões-MA.

1.2.3 Estudo da Dinâmica no Lançamento de Foguetes

É importante destacarmos que o voo dos pássaros despertou no ser humano a conquistar o espaço, os conhecimentos de Cinemática explicam algumas características desse movimento, como velocidade e aceleração. Porém podemos destacar ou questionar: Qual é a causa ou o agente que provoca o movimento dos pássaros? O que altera a sua velocidade? E como se mantêm essa velocidade? Tais perguntas tratam das relações entre as causas e seus efeitos. Que é o objetivo da Dinâmica, parte da Mecânica que estuda os movimentos, suas causas e seus efeitos. Pelos princípios da Física, podemos calcular teoricamente o valor da altura máxima e a velocidade inicial de lançamento, trabalharemos com a construção da lei que descreve o movimento parabólico do foguete. Com a aplicação da dinâmica, pode-se perceber a quantidade de fenômenos físicos e matemáticos que é possível abordar em uma atividade de baixíssimo custo.

Galileu Galilei, imagino um objeto móvel projetado em um plano horizontal, supondo que não há impedimentos. Se o plano fosse tamanho infinito, a velocidade desse objeto seria constante. Mas se o plano for infinito e se tiver alguma inclinação, o objeto (que imagino dotado de peso), ao passar da extremidade do plano, terá acrescentado seu movimento horizontal uniforme uma tendência a cair devido o seu próprio peso. O movimento composto resultante, que denomino “projeção” terá uma forma definida, ou seja:

Quando um projétil segue um movimento composto de um movimento horizontal constante um movimento para baixo naturalmente acelerado, descreve uma linha parabólica em sua trajetória. (Galileu Galilei – ed. 2008.)

As Leis de Newton

Pelo que sabemos, há pelo menos cerca de 2500 anos o homem já se preocupava em explicar os movimentos, tanto dos corpos terrestres como dos corpos celestes. Porém, foi Isaac Newton (físico e matemático inglês, 1642-1727) primeiro a apresentar uma teoria que explicava de forma clara e objetiva os movimentos, em seu trabalho intitulado *Princípios matemáticos da filosofia natural*, pode ser considerado o primeiro livro de física teórica no sentido moderno publicado em 1686. Newton propôs um conjunto único de leis para descrever todos os movimentos existentes no universo. Desse modo, envolveremos a

Dinâmica no lançamento de foguete, que é parte da mecânica que estuda os fatores envolvidos no movimento.

Os princípios básicos da dinâmica foram formulados por Galileu e por Newton. Procuraremos chegar a eles, baseando-nos o máximo possível em noções intuitivas. Sabemos todos por experiência que o movimento é afetado pela ação do que costumamos chamar de “forças”. Nossa ideia intuitiva de forças está relacionada com o esforço muscular, e sabemos que, exercendo “forças” desse tipo, somos capazes de colocar objetos em movimento ou, mais geralmente, alterar seu estado de movimento. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

Primeira Lei de Newton (Princípio da Inércia).

Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças que atuem sobre ele. Imaginemos um passageiro sentado no banco de uma moto em movimento, durante uma freada brusca o corpo do passageiro continua em movimento até que uma força aja sobre ele. Nesse caso, ao sofrer a ação de uma força, a moto para, enquanto o corpo do passageiro continua em movimento, continuando a ir para a frente. Para entendermos como se aplica a primeira Lei de Newton no foguete, basta imaginarmos o foguete fixo ainda na base de lançamento (em repouso), agora, quando os motores são ligados, ou quando ocorre a reação do combustível (bicarbonato de sódio e vinagre), é gerado uma força superior à da gravidade e a partir de então, o foguete entra em movimento, tal força só acabará quando o combustível for expelido, a força deixará de existir sendo nula e logo em seguida o foguete cai.

É sempre bom lembrar, que a tendência de um corpo permanecer em repouso ou nem movimento retilíneo uniforme só é real quando a resultante das forças que atuam sobre for nula.

Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele. (Principia – Livro I. ed. 2016).

Projéteis continuam em seus movimentos, desde que não sejam retardados pela resistência do ar, ou impelidos para baixo pela força da gravidade. Um pião, cujas partes por sua coesão são continuamente afastadas de movimentos retilíneos, não cessa sua rotação a não ser quando retardado pelo ar. Os corpos maiores dos planetas e cometas, encontrando menos resistência em espaços livres, preserva seus movimentos, tanto progressivo como circular, por tempo muito maior. (Principia – Livro I. ed. 2016).

“Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele”. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

O que significa realmente esta lei? Como podemos saber que não existem “forças impressas sobre o corpo”? Pelo fato de que permanece em repouso ou movimento retilíneo e uniforme? se assim fosse, Eddington teria tido razão quando criticou o enunciado da 1ª lei, dizendo ser equivalente a “... persiste... exceto quando não persiste” (o que corresponderia à bem conhecida previsão meteorológica: “Tempo bom, salvo se chover”). Esta crítica é injusta. Se todas as forças fossem devidas ao contato com outros corpos, bastaria a ausência de contato para estabelecer a ausência de forças. O exemplo da força-peso, e das forças elétricas e magnéticas, mostra, porém, a existência de forças que atuam sem que haja contato direto com o corpo responsável pela força. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica).

De acordo com o princípio da inércia, quando a resultante de forças externas que agem num corpo é nula a velocidade é constante, agora considerando a possibilidade de a resultante de forças externas que agem sobre um corpo não ser nula, a velocidade deixará de ser constante e o corpo passará a apresentar aceleração. Quando um corpo de massa m é submetido à ação da R (não nula) de forças, ele adquire uma aceleração a cuja direção e sentido são os mesmos de R , e a intensidade é proporcional a R .

Sabemos que, os casos em que a massa é constante, a segunda lei de Newton diz que:

$$\vec{F}_R = m\vec{a} \quad (1)$$

onde m é a massa (constante) do corpo, \vec{F}_R é a resultante das forças que atuam sobre ele e \vec{a} é a aceleração que o corpo adquire sob a influência da força resultante.

Porém, no caso dos foguetes, em que a massa é varia (em virtude da perda de combustível)?

No caso em que a massa é variável a segunda Lei é escrita como:

$$\vec{F}_R = \frac{dm}{dt} \vec{v} + m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (2)$$

onde $d\vec{p}/dt$ indica a como o vetor momento linear varia com o tempo, dm/dt indica como a massa varia com o tempo e $d\vec{v}/dt = \vec{a}$ indica como o vetor velocidade varia com o tempo, sendo está a aceleração instantânea da partícula.

Segundo Moysés a 2ª lei permite estabelecer uma escala de massas inerciais, e neste sentido ela pode ser considerada como permitindo definir o conceito de massa inercial, mas não é tão pouco apenas uma definição deste conceito. De fato, a ideia implícita na 2ª lei é que a massa inercial m é uma característica da partícula; uma vez determinada quando atua sobre a partícula uma força conhecida, devemos empregar o mesmo valor de m para descrever o movimento da partícula sob a ação de quaisquer outras forças. Admite-se também tacitamente que m (ou seja, o efeito de uma força em produzir aceleração) é independente da posição e velocidade da partícula, pelo menos enquanto se mantém a sua identidade (isto não se aplicaria a uma gota de chuva que aumenta de volume enquanto cai, ou a um foguete que ejeta combustível à medida que sobe. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

Se m não varia com o tempo, ou seja, se excluirmos sistemas de massa variável, obtemos, derivando em relação ao tempo ambos os membros: (Nussenzveig – 5ª edição 2013).
Então:

$$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = m\vec{a} \quad (3)$$

Comparando temos: $d\vec{p}/dt = \vec{F}$, o que resulta na segunda Lei de Newton.

Terceira Lei de Newton (Princípio da Ação e Reação).

O objetivo do estudo do princípio da ação e reação é analisar as forças nos corpos quando há interação sobre eles. Ex: um jogador de tênis batendo com a raquete na bola, um jogador chutando uma bola. Todas essas situações nos ajudam a entender que as forças de ação e reação agem simultaneamente e aos pares, sem necessidade de identificar qual delas é reação, e tem resultante não nula pois age em corpos diferentes.

Para Newton, a ação das forças presentes durante a interação entre corpos pode ser analisada pelo princípio da ação e reação:

Quando um corpo X imprime determinada força num corpo Y, então o corpo Y imprimirá outra força. Essas forças têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos

opostos. No lançamento de foguete, a terceira Lei de Newton, os gases expelidos (que é a ação) empurram o foguete em sentido contrário (reação). Lembrando que a força reação deve ser maior que a força peso do foguete, para que ele seja colocado em movimento. Não podemos esquecer de que a Terceira Lei de Newton está sempre atuando no foguete, independentemente desse foguete estar se movendo dentro ou fora da atmosfera terrestre.

Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são sempre iguais em módulo e têm sentidos opostos. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

Lançamento de Projéteis ou Lançamento oblíquo

Lançamento de projéteis está associado ao movimento não vertical de corpos nas proximidades da superfície terrestre, quando nos referimos a queda livre dos corpos e o lançamento vertical, desconsiderando a gravidade do ar, nesses movimentos, o que torna a aceleração constante e igual à aceleração da gravidade. Porém, quando falamos em movimento, levando em conta a composição de dois movimentos, temos que aplicarmos o movimento horizontal e vertical para o nosso estudo, lançamento de foguete construído com garrafas pet, o que nos interessa é o alcance máximo no lançamento. Más, não podemos deixar de lado também, o lançamento vertical, pois é importante o entendimento de ambos em nossos trabalhos.

Uma aplicação importante dos resultados é o movimento dos projéteis na vizinhança da superfície da Terra. Na balística usual, podemos considerar a Terra como plana e a aceleração da gravidade como constante (isto não seria verdade para foguetes balísticos intercontinentais!). Desprezaremos, também, o efeito da resistência do ar. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

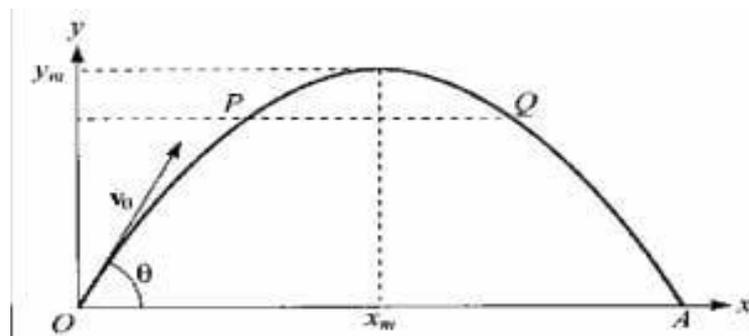


Figura 7. Fonte. Nussenzveig – 5ª edição 2013. Lançamento Oblíquo. (o movimento dos projéteis na vizinhança da superfície da Terra).

Temos de tomar o eixo Oy segundo a vertical. Vamos orientá-lo apontando para cima, de modo que, $a = -g$:

$$\vec{a} = -g\vec{j} \quad (4)$$

Com $x_0 = y_0 = 0$, tomando a posição inicial na origem, e vamos tornar $t_0 = 0$. Seja θ o ângulo entre v_0 e Ox , temos:

$$V_{0x} = v_0 \cos \theta \quad V_{0y} = v_0 \operatorname{sen} \theta \quad (5)$$

ainda:

$$V_y = v_0 \operatorname{sen} \theta - gt \text{ e } V_x = v_0 \cos \theta \quad (6)$$

Que após integração resulta

$$Y = v_0 \operatorname{sen} \theta t - \frac{1}{2}at^2 \quad (7a)$$

$$X = v_0 \cos \theta t \quad (7b)$$

Eliminando o tempo nas equações (7), então obtemos a equação da trajetória que é uma parábola.

$$y = \tan \theta x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} x^2 \quad (8)$$

para calcularmos altura em y_m atingida pelo projétil no tempo t_m em que se anula, usamos:

$$t_m = \frac{v_0 \cos \theta}{g} \quad (9)$$

e o valor correspondente a y é dado pela equação:

$$Y_m = v_0 \operatorname{sen} \theta \frac{v_0 \operatorname{sen} \theta}{g} - \frac{1}{2} g \cdot \frac{v_0^2 \operatorname{sen}^2 \theta}{g^2}$$

ou seja:

$$Y_m = \frac{v_0^2 \operatorname{sen}^2 \theta}{2g^2}. \quad (10)$$

Ainda baseado na figura acima, quanto tempo o projétil leva para atingir o ponto $x = A$, fazendo $y = 0$, é claro que vamos obter uma equação do 2º grau em t , sendo uma das raízes em $t = 0$, que corresponde ao ponto de lançamento, sendo a outra assim:

$$t = t_A = \frac{2v_0 \operatorname{sen} \theta}{g} = 2t_m \quad (11)$$

Percebemos que, o tempo que leva para atingir a altura máxima dobra, ou seja: $x = x_m$. Perguntamos agora, qual a velocidade do projétil ao atingir o solo?

fazemos $t = t_A$:

$$\left. \begin{array}{l} v_y = v_0 \operatorname{sen} \theta - gt_A = -v_0 \operatorname{sen} \theta \\ v_z = v_0 \cos \theta \end{array} \right\} v(t_A) = v_0 \quad (12)$$

Ao atingir o solo, a velocidade do projétil só é diferente, da velocidade v_0 por conta da inversão na componente vertical ($v_y \rightarrow -v_y$), tendo o mesmo módulo, com $y = 0$, pois, arbitrariamente, vale o mesmo em qualquer plano horizontal.

Podemos entender as componentes da velocidade diretamente em função da altura y , da seguinte forma:

$$\begin{aligned} v_y &= \pm \sqrt{v_0^2 \operatorname{sen}^2 \theta - 2gy} \ , \\ v_x &= v_0 \cos \theta \end{aligned} \quad (13)$$

o sinal de $+$ e $-$, mostra a descida ou subida do projétil.

A distância $x = A$ entre o ponto de lançamento O e o ponto em que o projétil volta a passar pelo plano $y = 0$ chama-se alcance do projétil, podemos encontrar com a seguinte equação:

$$A = v_0 \cos \theta \frac{2v_0 \operatorname{sen} \theta}{g} = \frac{v_0^2}{g} \operatorname{sen} (2\theta) \quad (14)$$

onde, já conhecemos a famosa relação da trigonometria: $\operatorname{sen} (2\theta) = 2\operatorname{sen} \theta \cos \theta$, que para atingir o alcance ou distância máxima, o ângulo de elevação $\theta = 45^\circ$, percebi isso na competição da MOBFOG (Mostra Brasileira de Foguete) no ano de 2019, quando algumas bases de lançamento não eram bem fixadas ao chão, o ângulo de 45° era desfeito com a componente horizontal e o foguete não conseguia um bom alcance.

Na última jornada dos “Diálogos”, Galileu discute o movimento dos projéteis. Precusores de Galileu acreditavam que uma bala de canhão se move em linha reta até esgotar seu impulso, e depois cai verticalmente (um deles propôs juntar esses dois segmentos de reta por um arco de círculo tangente a ambos para descrever a trajetória). Galileu foi o primeiro a demonstrar que a trajetória é uma parábola. Além disso, obteve vários dos resultados discutidos acima, inclusive que o alcance é máximo para $\theta = 45^\circ$, enunciando ainda o seguinte resultado: (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

“As amplitudes das parábolas descritas por projéteis disparados com a mesma velocidade, mas em ângulos de elevação acima e abaixo de 45° e equidistantes de 45° , são iguais entre si”. (Nussenzveig – 5ª edição 2013).

Lançamento Horizontal;

Na componente horizontal o movimento tem velocidade constante e sem interferência do ar, o que caracteriza o movimento uniforme, pois, não existe aceleração na horizontal, sendo assim, a velocidade v_x de um projétil permanece constante, sendo o valor da velocidade igual a v_{0x} . É o que vamos ver na equação abaixo:

$$x - x_0 = v_{0x} t$$

Como $v_{0x} = v_0 \cos \theta_0$, temos:

$$(X - X_0) = (v_0 \cos \theta_0) t. \quad (15)$$

Lançamento Vertical.

E na componente vertical do movimento com aceleração, que é a aceleração da gravidade g , caracterizando assim o movimento uniformemente variado. Quando, o eixo y é orientado de baixo para cima, o que torna $a_y = -g$. Substituindo a pôr $-g$, e substituindo o eixo x pelo eixo y , temos:

$$y - y_0 = v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 = (v_0 \sen \theta_0) t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (16)$$

tornando a velocidade V_{0y} (inicial), da componente vertical, sendo substituída por $v_0 \sen \theta_0$, tornando-a:

$$V_y = v_0 \sen \theta - g t \quad (17)$$

$$V_y^2 = (V_0 \sen \theta_0)^2 - 2g (Y - Y_0) \quad (18)$$

Segundo Hallyday e Resnick, no movimento de projéteis, o movimento horizontal e o movimento vertical são independentes, ou seja, um não afeta o outro. (Hallyday/Resnick/Walker – 8ª edição 2011).

Quando a altura final é diferente da altura de lançamento, como acontece no arremesso de peso, lançamento de disco e basquetebol, a distância horizontal máxima não é atingida para um ângulo de 45° . (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

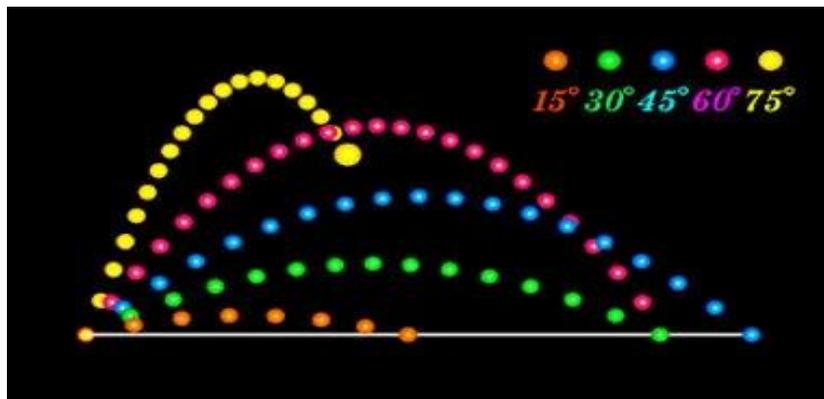


Figura 8. Essa figura mostra o movimento na horizontal. Fonte: Brasil Escola.

Como já vimos nos exemplos acima, fica nítido os discursões a respeito do alcance máximo, atingido por um foguete de garrafa pet, quando ele é lançado, observando a figura, só reforçamos as conclusões a respeito de um ângulo de 45° , ou seja, uma base de lançamento para obter sua eficácia, sempre deve estar regulada com essa medida.

Observando as bolinhas lançadas obliquamente com velocidade inicial \vec{v}_0 , o movimento pode ser descrito também, como a soma de dois movimentos, que é o movimento na horizontal e o movimento na vertical, realizando uma **trajetória parabólica**.

Forças que atuam num Foguete Durante o Voo;

Na figura 9 são mostradas as quatro forças que atuam num foguete segue as quatro forças aplicadas ou que atuam num foguete durante um voo.

Força Peso;

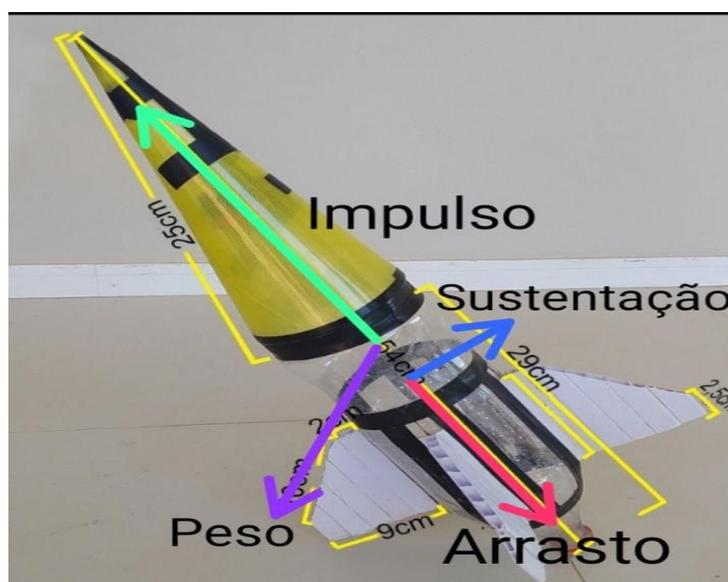


Figura. 9. Essa figura mostra como encontrar as Forças que atuam no foguete durante o voo
Fonte: Próprio autor.

Esta força está associada à atração gravitacional que a Terra exerce sobre os corpos, puxando-os para baixo em direção ao centro da Terra, inclusive sobre o foguete. Vale lembrar que a gravidade está sempre afetando no voo de um foguete, estando ele parado ou em movimento, em qualquer uma das situações ele apontará sempre no mesmo sentido: na direção ao centro da Terra (direção vertical próximo a superfície terrestre).

Como esta força está sempre presente, para o foguete voar são necessárias outras forças para superá-la.

Segundo Halliday e Resnick, o **peso** P de um corpo é o módulo da força necessária para impedir que o corpo caia livremente em relação ao solo. Assim, por exemplo, para manter uma bola em repouso em sua mão enquanto você está parado de pé você deve aplicar uma força para cima para equilibrar a força gravitacional que a Terra exerce sobre a bola. (Halliday/Resnick/walker – 8ª edição).

O peso de um corpo é igual ao módulo F_g da força gravitacional que age sobre o corpo. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

Substituindo F_g por m_g obtemos a seguinte equação:

$$P = mg \quad (\text{peso}) \quad (19)$$

Trabalhando a equação acima: $F_{res} = ma_y$. O que torna a equação:

$$P - F_g = m(0) \quad (20)$$

Ou

$$P = F_g \quad (\text{peso, com o solo como referencial inercial}). \quad (21)$$

Força de empuxo;

Mergulhando um corpo em um fluido (líquido ou gás), ele sofre a ação de uma força na direção vertical, de baixo para cima, que é chamado de empuxo \vec{E} ou impulsão. Ex: se mergulharmos uma bola de vôlei em um líquido, percebemos que o líquido vai oferecer uma resistência de baixo para cima. Ou seja, o empuxo é uma força que um fluido executa sobre um objeto quando há diferença de pressão. É essa força que impulsiona o foguete, provocada pela queima do propelente (combustível), pois há um desequilíbrio entre a pressão interna e externa ao foguete, dando origem ao empuxo (ação), exercendo uma força no foguete no sentido oposto aos gases que são expelidos durante a (reação), provocada pela reação química entre o vinagre e o bicarbonato de sódio. Essa força impulsiona o foguete para adquirir o alcance máximo ou mínimo se houver algum erro no momento do lançamento, essa força vale também para os foguetes de grande porte. Essa força, depende da quantidade e da velocidade de escape dos gases, normalmente, a direção do impulso, é ao longo do eixo longitudinal do foguete através do centro de gravidade. Lembrando que, a força de empuxo, só permanece até o momento em que os motores estiverem funcionando, ou enquanto a reação química estiver

acontecendo, no caso dos foguetes de garrafa pet, caso contrário essa força desaparece, e o foguete cai, sob a ação da gravidade.

Segundo Paul G. Hewitt, se o momentum de um objeto variar, então ou a massa ou a velocidade ou ambas sofreram variação. Se a massa se mantém constante, como é mais frequente, a velocidade varia e existe aceleração. E o que produz a aceleração? A resposta é: uma força. Quanto maior a força que atua num objeto, maior será a variação ocorrida na sua velocidade e, daí, no seu momentum. (Paul G. Hewitt - 12ª edição 2015).

Mas outra coisa importa na variação do momentum: o tempo – quão longo é o tempo durante o qual a força atua. Aplique uma força breve a um carro enguiçado e você conseguirá produzir apenas uma pequena alteração em seu momentum. Aplique a mesma força por um período prolongado e resultará numa variação maior do momentum. Uma força mantida por um longo período produz mais alteração no momentum que a mesma força aplicada brevemente. Assim, para alterar o momentum de um objeto, são importantes tanto a força como o tempo durante o qual ela atua. (Paul G. Hewitt - 12ª edição 2015)

A grandeza força intervalo de tempo é chamada de impulso. Em notação sintética,

$$\text{Impulso} = Ft \quad (22)$$

Força de Sustentação;

É a componente da resultante aerodinâmica perpendicular ao vento, ou seja, é a força criada quando o ar que se move acima do objeto. Podemos citar como exemplo: uma pipa um avião, pois ambos se movem mais rápido que o ar que se move para baixo deles, tornando assim a força (pressão de ar), menor na parte superior do que na parte inferior. No caso do foguete de garrafa pet, é importante desenvolver um modelo de bico ou coifa, e a parte mais resistente do foguete (entre o bico e as aletas), e as aletas, tais partes se tornam uma fonte de sustentação se o foguete tiver um bom lançamento, o que torna o voo com uma boa trajetória dependo também do ângulo em que a base de lançamento com a componente horizontal, que é de 45°. Já para um foguete padrão, quanto maior o ângulo formado entre o foguete e o fluxo de ar, maior a força de sustentação.

Nos fluidos que se movem mais rápido, exercem menor pressão lateralmente do que aqueles que se movem mais lento. Pois, ao fazer com que o ar se mova mais rápido sobre certas superfícies de um foguete, as aletas (ou asas, no caso de aviões), a pressão

pode ser reduzida nessas superfícies criando a força de sustentação. no foguete de garrafa pet, as aletas são utilizadas para aumentar a estabilidade do mesmo durante o voo, por conta do aumento da força de sustentação na parte traseira. Observamos na MOBFOG no ano de 2019, quando fizemos o primeiro lançamento, ao ser lançado da base o foguete teve alguns desequilíbrios por conta das condições climáticas influenciando em sua sustentação, o que levou o foguete a se chocar com uma palmeira, prejudicando assim, o nosso lançamento, atingindo 229m de distância. Se as aletas fossem móveis, também chamado de controle ativo, o foguete poderia ter corrigido seus distúrbios em pleno voo, retornando sua trajetória pré-estabelecida. Mas na época, nossa equipe não tinha conhecimento desse tipo de aletas.

Força de Arrasto.

Quando um corpo sólido (um foguete), movido por um fluido (gás ou líquido), este corpo resiste ao movimento. O corpo sólido é submetido a uma força aerodinâmica em direção oposta ao movimento. Essa força é denominada: força de arrasto. Ela é resistiva como a força de atrito (de deslizamento entre as superfícies sólidas), no foguete por exemplo, essa força depende da velocidade ligada a geometria do foguete, ou seja, forma das aletas, coifa, que influi de maneira importante no desempenho da força de arrasto. Pois sabemos que os projetos de foguetes são elaborados para garantir cada vez mais uma aerodinâmica estável e assim, produzir o mínimo de arrasto.

Segundo Halliday/Resnick/Walker, um **fluido** é uma substância, em geral um gás ou um líquido, que é capaz de escoar. Quando existe uma velocidade relativa entre o fluido e um corpo sólido (seja porque o corpo se move através do fluido, seja porque o fluido passa pelo corpo), o corpo experimenta uma **força de arrasto**, \vec{D} que se opõe ao movimento relativo e é paralelo à direção do movimento relativo do fluido. (Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

Abaixo, segue a equação da força de arrasto, \vec{D} , relacionado à velocidade escalar v :

$$D = \frac{1}{2} C \rho A v^2 \quad (23)$$

onde C é um parâmetro determinado experimentalmente conhecido como **coeficiente de arrasto**, ρ é a massa específica do ar (massa por unidade de volume) e A é **área da seção reta efetiva** do corpo (a área de uma seção reta perpendicular à velocidade

\vec{v}). O coeficiente de arrasto C (cujos valores típicos variam de 0,4 a 1,0) não é constante para um dado corpo, já que depende da velocidade. Ignoremos as complicações.

Podemos relacionar essas forças à aceleração do corpo usando a segunda lei de Newton para um eixo vertical y ($F_{res,y} = m_{ay}$):

$$D - F_g = ma \quad (24)$$

vamos determinar a equação da **velocidade terminal** v_t , fazendo $a = 0$, na eq. E substituindo o valor de D na eq. 24, obtendo

$$\frac{1}{2} C \rho A v t^2 - F_g = 0$$

e, portanto,

$$v_t = \frac{\sqrt{2F_g}}{C \rho A} \quad (25)$$

A Estabilidade de um Foguete Durante o Voo.

Para um foguete adquirir, uma boa estabilidade durante um voo, precisamos conhecer, além, das quatro forças descritas acima, seu centro de massa ou de gravidade e o centro de pressão.

Centro de massa (ou de gravidade);

Segundo Halliday/Resnick/Walker, em todos os sistemas que examinamos até agora a massa permanecia constante. Em certos casos, como o de um foguete, isso não é verdade. A maior parte da massa de um foguete, antes do lançamento é constituída de combustível, que será posteriormente queimado e ejetado pelo sistema de propulsão. (Halliday/Resnick/Walker – 8ª edição 2011).

Levamos em consideração a variação de massa do foguete aplicando a segunda lei de Newton não ao foguete, mas ao conjunto formado pelo foguete e todos os produtos ejetados. A massa desse sistema não com o tempo. (Halliday/Resnick/Walker – 8ª edição 2011).

Portanto, sendo um corpo pequeno e/ou grande, compacto ou oco, o centro de massa ou de gravidade, é o ponto onde toda massa está em equilíbrio ou equilibrada, portanto, o centro de massa ou de gravidade de um foguete, está associada ao ponto em que seu peso está em equilíbrio, onde estão atuando as forças **peso** e de **empuxo**, abaixo, segue uma figura mostrando como encontrar a estabilidade de um foguete de forma bem simples. Fazendo esse tipo de técnica, encontramos ao mesmo tempo, a estabilidade do foguete e o CG, pois, o cordão deve ser amarrado no foguete, onde está localizado o CG.



Figura 10. Como encontramos o centro de massa de um foguete. Fonte: Próprio autor.

Para calcularmos o CG, usamos a seguinte equação:

$$CG = \frac{1}{MT} \sum_{i=1}^N (x_i M_i), \quad (26)$$

Sendo: N = número de partes do foguete;

M_i = massa em gramas de cada parte i do foguete;

MT = massa total em gramas do foguete;

i x = comprimento (mm) entre a ponta do nariz do foguete e o centro geométrico em x de cada parte i do foguete (CG de cada parte i).

Agora, veremos a primeira equação do foguete:

$$Rr_{rel} = Ma \quad (27)$$

(primeira equação do foguete), na ausência de forças externas a aceleração instantânea de foguete

vale para qualquer instante, contanto que os valores da massa M, da taxa de consumo de combustível R e da aceleração a sejam os valores para esse instante.

Vejam agora, a segunda equação do foguete:

$$V_f - V_i = V_{rel} \ln \frac{M_i}{M_f} \quad (28)$$

para um foguete com R e v_{rel} constantes, cuja velocidade varia de v_i para v_f quando a massa varia de M_i = massa inicial do Foguete e M_f = massa final menos o combustível queimado e \ln é um decaimento exponencial.

para Halliday/Resnick, o aumento na velocidade do foguete quando a massa muda de M_i para M_f . O símbolo “ \ln ”, significa *logaritmo natural*.) Essa equação ilustra muito bem a vantagem dos foguetes de vários estágios, nos quais M_f é

reduzida descartando cada estágio quando seu combustível se esgota. Um foguete ideal chegaria apenas com a carga útil. ((Halliday/Resnick/Walker - 8ª edição 2011).

Centro de pressão.

O centro de pressão de um foguete, é caracterizado por todas as forças aerodinâmicas externas, que atua no foguete, essas forças estão centralizadas, ou seja, é o ponto onde atuam a resultante das forças aerodinâmicas que o foguete está sujeito. E existem, enquanto o foguete está passando através do ar, não podemos esquecer que essas forças aerodinâmicas são: as forças de arrasto e forças de sustentação já vistas, pois, elas atuam através do CP.

O CP é encontrado através da equação representada abaixo:

$$N = CN\alpha \frac{1}{2} \rho V^2 \alpha Ar \quad (29)$$

O valor de N é dado em Newton;

$C_N\alpha$ = coeficiente de força normal (adimensional)

ρ = massa específica ar (kg/m^3)

V = velocidade do foguete (m/s) α = ângulo de ataque do foguete (radiano)

Ar = área de referência do foguete (normalmente é a seção transversal circular)
 m^2 .

1.2.4 Alfabetização Científica e Articulação Entre a Parte Histórica e a Experimentação

Antes de começarmos a falar sobre o que seja a alfabetização científica, é preciso deixar clara nossa escolha pela utilização do termo *alfabetização*.

O conceito deriva originalmente do termo inglês *scientific literacy* e foi utilizado pela primeira vez em 1958, por Paul Hurd. Estudioso do currículo de Ciências, Hurd defende a necessidade de aulas de Ciências que ensine o que está no cotidiano dos alunos; salienta que, uma vez a sociedade depende dos conhecimentos cientificamente construídos, é preciso que esta mesma sociedade saiba mais sobre Ciências e seus empreendimentos.

No Brasil, encontramos autores que usam as expressões “letramento científico”, “enculturação científica” e “alfabetização científica” para designarem o objetivo do ensino de Ciências que almeja a formação cidadã dos estudantes para o domínio e o uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida. É importante perceber que nos cerne das discussões levantadas por quem usa um termo ou outro estão as mesmas preocupações com o ensino de Ciências e motivos que guiam o planejamento deste ensino para a construção de benefícios práticos para as pessoas, a

sociedade e o meio ambiente. (Ensino de Física-Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.), página. 14, 1ª edição).

Nossa opção pela designação alfabetização científica encontra amparo na ideia de alfabetização concebida por Paulo Freire:

... a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. (...) Implica uma autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto. (p. 111, 1980).

Assim como os PCNs e os PCNs+ afirmam que o desenvolvimento das competências e das habilidades por eles propostas deve se dar em um processo contínuo durante a formação do estudante, alfabetizar cientificamente também é uma atividade sequencial constante que devemos promover em sala de aula.

Nessa perspectiva, a alfabetização científica pode e deve ser compreendida como um esforço associado a três disciplinas científicas da Base Comum Nacional: a Física, a Química e a Biologia. Por estar ligada em uma ciência em específico, cada disciplina deverá ter peculiaridades quanto aos tipos de investigações propostas aos estudantes bem como em relação ao tipo de conhecimento construídos por eles e os mecanismos utilizados neste momento de negociação de significados. (Ensino de Física-Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.), página. 22, 1ª edição).

No que tange ao ensino da Física, além de se considerarem os eixos estruturantes na proposição de sequências de aulas, verificar se os indicadores de alfabetização científica estão presentes quando os estudantes realizam as diferentes atividades em sala de aula pode nos fornecer evidências de como o processo está sendo alcançado. Damos ênfase ao papel investigativo do ensino que pode ser explorado na realização de atividades abertas com os alunos, para que eles, tal como a própria Física faz, proponham suas explicações para as situações estudadas. (Ensino de Física-Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.), página. 23, 1ª edição).

Os indicadores da *alfabetização científica* têm a função de nos mostrar algumas destrezas que acreditamos necessárias para vislumbrar se AC está em processo de desenvolvimento entre os alunos.

A *seriação de informações* é um de nossos indicadores da alfabetização científica. Ela deve surgir quando se almeja o estabelecimento de bases para a ação investigativa. Não

prevê, necessariamente, uma ordem que deva ser estabelecida para as informações: pode ser um rol, uma lista de dados trabalhados ou com as quais se vá trabalhar.

A *organização de informações* ocorre nos momentos em que se discute sobre o modo como um trabalho foi realizado. Esse indicador pode ser vislumbrado quando se explicita a busca por um arranjo de informações novas ou já enlaçadas anteriormente. Pode surgir tanto no início da proposição de um tema quanto na retomada de uma questão.

A *classificação de informações* aparece quando se busca estabelecer características para os dados obtidos, o que pode fazer com essas informações sejam apresentadas conforme uma hierarquia, embora o aparecimento dessa não seja condição *sine qua non* para a classificação de informações. Constitui-se em um indicador voltado para a ordenação dos elementos com as quais se está trabalhando, procurando uma relação entre eles.

O *levantamento de hipóteses* aponta instantes em que são alçadas suposições ante acerca de certo tema. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto na forma de uma afirmação quanto na de uma pergunta (atitude muito usada entre os cientistas quando se defrontam com um problema).

O *teste de hipóteses* constitui-se nas etapas em que se colocam à prova as suposições anteriormente levantadas. Pode ocorrer tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das ideias, quando o teste é feito por meio de atividades cognitivas com base em conhecimentos anteriores.

A *justificativa* aparece quando, em uma afirmação qualquer, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto. Isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando-se mais segura.

O indicador *previsão* é explicitado ao afirmar uma ação e/ou fenômeno ocorrendo em associação (e como decorrência) a certos acontecimentos.

A *explicação* surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente, à explicação segue-se uma justificativa para o problema, mas é possível encontrar explicações que não possuem essas garantias. Mostram-se, pois, explicações ainda em fase de construção que certamente receberão maior autenticidade ao longo das discussões. (Ensino de Física-Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.), página. 21, 1ª edição).

Desde o século XIX as aulas práticas experimentais fazem parte do planejamento do ensino de Física da escola média (Lanetta et al. 2007) tendo por objetivo proporcionar aos alunos um contato mais direto com os fenômenos físicos. Os termos “aulas práticas”

ou “aulas de laboratórios” ou “laboratório escolar” têm sido utilizados para designar as atividades nas quais os estudantes interagem com materiais para observar e entender os fenômenos naturais. As interações dos estudantes com o material experimental podem ser somente visuais, quando a experiência é feita pelo professor, em aulas que denominamos de demonstração; ou de forma manipulativa, quando, em pequenos grupos, os alunos trabalham no laboratório. Os planejamentos e a conclusão das aulas de laboratório variam em um grande espectro: (Ensino de Física-Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.), página. 53, 1ª edição).

Desde altamente estruturados e centrados nos guias, com o objetivo principal de comprovar o que o aluno já aprendeu nas aulas teóricas, até um laboratório por investigação, quando o objeto é introduzir os alunos na resolução de um problema experimental. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 53, 1ª edição).

Apesar de as atividades experimentais estarem há quase 200 anos nos currículos escolares e apresentarem uma ampla variação nos possíveis planejamentos, nem por isso os professores têm familiaridade com essa atividade. A grande maioria destes laboratórios se traduz em aulas extremamente estruturadas com guias do tipo “receitas de cozinha”. Nessas aulas, os alunos seguem planos de trabalho previamente elaborados, entrando nos laboratórios somente para seguir os passos do guia, onde o trabalho do grupo de alunos se caracteriza pela divisão das tarefas e muito pouco pela troca de ideias significativa sobre o fenômeno estudado.

Nas décadas de 1960 e 1970, no século XX, a concepção das atividades experimentais no ensino de Física teve, pelo menos parcialmente, uma mudança com o aparecimento dos projetos de ensino de Física – o Physical Science Study Committee (PSSC), que foi traduzido e implementado no Brasil e o Projeto de Ensino de Física (PEF) (Carvalho, 1973). Nesses projetos, as aulas experimentais foram planejadas como um lugar de investigação, visando o desenvolvimento de problemas experimentais.

Muitas pesquisas sobre o ensino e a aprendizagem nos laboratórios didáticos foram desenvolvidos nesta época, e dentre elas podemos destacar a de Pella (1969). Este pesquisador, analisando como o ensino de Ciências (Física, Química e Biologia) estava sendo apresentado aos alunos pelos professores e pelos materiais didáticos, fez uma grande pesquisa nos manuais de laboratório e nas próprias aulas de Ciências do Ensino Médio,

procurando determinar o possível grau de liberdade intelectual que os professores proporcionavam a seus alunos.

A grande crítica ao ensino de Ciências, feita a partir do final do século XX, e aqui incluímos o ensino de Física, foi justamente esta:

O ensino era proposto por aqueles com facilidade para as Ciências, visando formar cientistas. Enquanto achávamos um único “jovem cientista”, deixávamos milhares de estudantes de lado, sem que entendessem nada de Ciências, e, principalmente, detestando Física. Este fato não era só um problema brasileiro, mas mundial, com impacto social muito grande em um mundo cada vez mais influenciado pelas Ciências e suas Tecnologias. Ensinar Ciências para todos passou a ser um objetivo da sociedade contemporânea. (Ensino de Física – Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), pág. 56, 1ª edição).

1.2.5 Protocolos de Segurança

Para evitarmos qualquer tipo de acidente durante os nossos trabalhos é importante desenvolvermos meios para nos mantermos protegidos de qualquer acidente, além, de conscientizarmos os nossos alunos para colher o lixo.

Atividade experimental 1, Preparação do kit, é a primeira a ser realizada, logo em seguida é a atividade experimental 2, que é a Construção da base de Lançamento do Foguete, depois, é atividade experimental 3, a Construção do Foguete, já a atividade quatro, é o Lançamento do Foguete, e a atividade é exclusivamente corrigindo erros na Base de Lançamentos e no foguete.

Além claro, do uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), durante todos os lançamentos das equipes que presenciamos na MOBOFOG de 2018, as equipes eram exigidas o uso de tais equipamentos, que são:

- Óculos de proteção;
- Calça jeans;
- Tênis;
- Jaleco ou capa de chuva.

É bom mantermos uma certa distância no momento dos lançamentos dos foguetes, evitando distrações, quando se abastece o foguete, pois a partir de então, começa a reação química entre o bicarbonato de sódio e o vinagre, inclusive, no momento do lançamento é aconselhado que usamos um cordão de 5m amarrado no gatilho.

1.3 PROBLEMA

Diante dos problemas acadêmicos, sociais e econômicos, os quais podem comprometer o desenvolvimento da sociedade como um todo, faz-se necessário pensar na formação do aluno do Ensino Médio, a fim de que se torne um cidadão capaz de escolher uma profissão, de enfrentar o mercado de trabalho, de trabalhar em grupo, para procurar a solução de problemas do seu cotidiano. Diante do exposto, pergunta-se: *Como a Construção de Foguetes com Garrafas Pet alinhada ao Ensino e Aprendizagem da Física, pode contribuir na aprendizagem nesse campo do saber?*

1.3.1 OBJETIVOS

1.3.2 Objetivo Geral

Construir uma sequência didática direcionada aos alunos do 1º do Ensino Médio, contemplando um estudo teórico, reflexões e uma proposta de atividades, a fim de orientá-los na Construção de foguetes com uso de garrafas pet, visando o ensino e aprendizado da Física.

1.3.3 Objetivos Específicos.

a) Identificar o nível de conhecimento prévio dos alunos do Ensino Médio de uma escola da Rede Pública Estadual, através de questionário;

b) Possibilitar aos alunos do Ensino Médio um ambiente de estudos, reflexões e desenvolvimento de atividades no contexto histórico do ensino e aprendizagem da Física, a fim de orientá-los na construção de foguetes com garrafas pet;

c) Analisar as significações produzidas pelos alunos do Ensino Médio no desenvolvimento e abrangência da Física, considerando a Construção de Foguetes com Garrafas Pet, produção/coleta de dados, como por exemplo, os questionários e a observação sistemática.

2 CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES

2.1 A Sequência Didática

1º Quadro contendo e esboço da Sequência Didática

Encontros	Duração (aulas)
1º: Apresentação da Sequência Didática e aplicação do Questionário Inicial (QI); História dos Foguetes; Contexto Histórico do Ensino e Aprendizagem da Física; As Leis de Newton;	3 aulas
2º: Lançamento de Projéteis; Forças que atuam num Foguete Durante o voo	2 aulas
3º: A Estabilidade de um Foguete Durante o Voo; Atividade Experimental I – Preparação do Kit.	2 aulas
4º: Atividade Experimental II – Construção da Base Lançadora do Foguete.	2 aulas
5º: Atividade Experimental III e IV – A Construção do Foguete e o Lançamento do Foguete.	2 aulas
6º: Corrigindo erros na base de lançamento do foguete e no foguete.	2 aulas
7º: Lançamento dos Foguetes.	3 horas
8º: Encerramento dos encontros e Aplicação do Questionário (Qf).	2 aulas

Fonte: Próprio autor.

2.1.1 Etapas a serem desenvolvidas na SD.

2.1.2 Primeiro encontro-16/11/2021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã), além, de um encontro pelo Google Meet que tivemos durante a tarde (duração de 40 minutos)

Tema: Apresentação da Sequência Didática e aplicação do Questionário Inicial (QI); As Leis de Newton, História dos Foguetes e Contexto Histórico do Ensino e Aprendizagem da Física. Abaixo, segue o Questionário inicial (Qi).

Um questionário composto de 06 questões para avaliar o conhecimento prévio dos estudantes acerca do Produto Aplicado.

1) Descreva o que ocorre com os corpos que interagem nas situações a seguir, de acordo com seus conhecimentos Físicos;

- a) Uma pessoa inicia uma caminhada. O que ocorre quando o pé está em contato com o chão?
- b) Uma criança solta uma bexiga cheia de ar, aberta, e percebe que ela descreve um movimento enquanto expelle o ar. Porque ocorre esse movimento?
- 2) É muito comum, em uma partida de futebol um jogador ou os jogadores cabecear a bola. Explique o que acontece com a bola ao ser cabeceada:
- 3) Alguns de seus colegas que estudam no turno vespertino, vem para a aula no ônibus escolar, enfrentando péssimas condições da estrada dentre outros fatores que estão presentes durante a viagem. Imagine que o ônibus venha a 70 km/h, o que acontece se o motorista frear o ônibus bruscamente?
- 4) Após sofrer uma falta um jogador de futebol fica encarregado de chutar a bola para converter ou fazer o gol, para encobrir a barreira, tenta fazer com a bola que descreva uma trajetória parabólica. Em sua opinião, a barreira tem que ficar próxima ou distante do gol? Por quê?
- 5) Analisando o lançamento de um foguete de garrafa pet, para adquirir melhor altura e um melhor alcance, em que ângulos devo lançar tal foguete?
- 6) Para entendermos melhor o lançamento de um foguete é necessário conhecermos a direção horizontal e a vertical, ambas pertencem a quais eixos?

Objetivos:

- Identificar e analisar os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aluno sobre os conceitos referente ao tema aplicado;
- Enunciar o princípio das três Leis de Newton;
- Reconhecer a influência do ar no movimento dos corpos;
- Identificar a História dos Foguetes como fator importante dentro da OBA e MOBFOG. Objetivo do próprio autor.

Habilidades:

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico;
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico;
- Relacionar força, massa e aceleração;
- Aplicar os três princípios em diversa situações;

Material utilizado: Slides com a proposta do produto educacional, Data show e questionários impressos para cada aluno, livro didático.

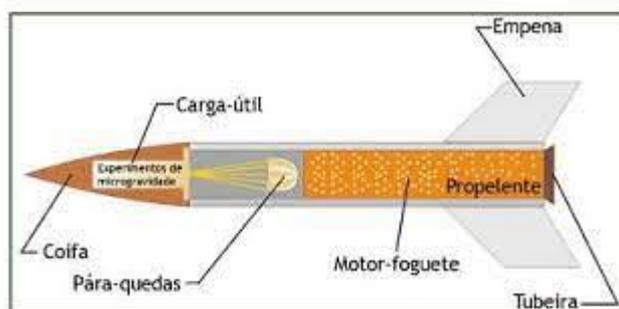
Avaliação: Observação, análise e motivação. (usei como exemplo de motivação a conquista da 13ª terceira MOBFOG – 20019, onde a equipe formada por mim e três alunos ganhamos medalha de ouro).

Descrição:

Foi aplicado no primeiro momento um questionário de 06 (seis) questões para uma análise de conhecimentos antes da aplicação do produto educacional, levando em conta as concepções alternativas dos alunos (a) sobre alguns temas empregados na Física, como as Leis de Newton, Lançamento de projéteis etc., esse pequeno teste é baseado na aprendizagem significativa de David Ausubel em 1963 e reiterada em 2000. O núcleo da aprendizagem significativa é a interação cognitiva entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios, aos quais Ausubel (2000; MOREIRA, 2006) chama subsunçores ou, simplesmente, subsunçores.

Ainda no primeiro encontro, mostramos um breve histórico dos foguetes ligada ao desejo do homem conhecer mais sobre o universo e a si mesmo, além claro, fazendo relação com o Contexto do Ensino e Aprendizagem da Física. Mostrando que muitas culturas, ao longo do mundo, e em diferentes épocas, mostraram o seu interesse pelo universo e procuraram de alguma forma, um modo de poder explorá-lo. Levando em conta claro, a briga entre Rússia e Estados Unidos, pela conquista do espaço durante a Guerra Fria. Mostraremos também, se não fosse os testes do americano Robert Goddard com o primeiro foguete de combustível líquido da história, que subiu apenas 12 metros em 16 de março de 1926, o homem nunca teria chegado à Lua, os meteorologistas dificilmente teriam emprego, e provavelmente muitas pessoas ainda acreditavam que os marcianos poderiam invadir a Terra.

Um foguete, em síntese, é uma câmara contendo gás sob pressão em seu interior. Uma pequena abertura em uma das extremidades da câmara permite que o gás escape, e, fazendo isso, fornece uma força que propulsiona o foguete na direção oposta (NASA, 2001). Um foguete existe para transportar cargas ou pessoas ao espaço. Antes de tratarmos das forças que atuam sobre um foguete, é necessário que tenhamos claro as principais partes que o compõem, pois estas são fundamentais para o desempenho do foguete. Um foguete padrão é mostrado na figura abaixo.



NOGUEIRA et al, 2009.Figura 11.

Daremos algumas breves informações sobre cada uma das partes constituintes cabe (NOGUEIRA et al, 2009).

Coifa – serve para proteger a carga que está sendo transportada. Essa carga pode ser animada (astronautas) ou inanimada (experimentos, satélites etc.). A sua forma afunilada serve para diminuir o atrito do foguete com a atmosfera da Terra.

Paraquedas – utilizada para diminuir o impacto da carga útil sempre que esta necessitar ser recuperada. Propulsor – transporta o combustível (propelente) do foguete. Observação: na aplicação do produto, não usamos paraquedas, demonstramos o uso dele através de vídeos em sala de aula para que os alunos(a) tivesse o conhecimento sobre ele.

Tuleira – por onde escapam, em alta velocidade, os gases resultantes da combustão.

Aletas – são tipos de asas localizadas na base do foguete. São elas que conferem estabilidade durante o voo. Sem elas o foguete em voo não se manteria em linha reta, e teria um movimento em torno de si próprio. A partir daqui, iniciaremos nossa explicação sobre a Física em se aplicada no lançamento de foguetes.

2.1.3 Segundo encontro-17/11/021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã).

Tema: Lançamento de Projéteis (Lançamento horizontal e Vertical) e Forças que atuam num foguete durante o voo.

Objetivos:

- Caracterizar o lançamento oblíquo como a composição de um lançamento (MRU), na direção vertical e um movimento retilíneo uniforme (MRU) na direção horizontal;
- Caracterizar o lançamento horizontal como uma queda livre na vertical e um MRU, na horizontal;
- Descrever diversas situações de que envolvem forças;
- Identificar a ação das forças de campo e de contato;

- Reconhecer força como agente de variação da velocidade de um corpo.

Habilidades:

- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.

- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos estudados.

. **Material utilizado:** Slides com a proposta do produto educacional, Datashow e questionários impressos para cada aluno, livro didático.

Descrição:

A partir do segundo encontro, falamos sobre lançamento de projéteis (Lançamento horizontal e oblíquo). Nunca esquecendo de sempre relacionar com as Leis de Newton, fazendo relação com a construção da base do foguete, construção do foguete e lançamento do foguete. Em seguida, trabalhamos as Forças que atuam num foguete durante o voo, Força peso, Força de empuxo, Força de sustentação e Força de Arrasto.

Avaliação: Observação, análise, pois depois da aplicação das aulas, pedia para cada (a) assistisse vídeo aulas de Física para consolidar mais ainda os conteúdos aplicados.

2.1.4 Terceiro encontro-22/11/2021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã).

Tema: Estabilidade do Foguete durante o voo (centro de massa ou de gravidade), centro de pressão); e a preparação do kit-atividade experimental

Objetivos:

- Caracterizar a força gravitacional como uma força de atração mútua entre dois corpos;
- Conceituar centro de gravidade, identificando-o em diferentes corpos;
- Relacionar a pressão atmosférica com a altitude;
- Constatar a pressão atmosférica e definir suas unidades.

Habilidades:

- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar as teorias físicas.

Material utilizado: Slides com a proposta do produto educacional, Datashow, notebook, livro didático.

Descrição:

Começamos o terceiro encontro, com a Estabilidade do foguete durante o voo, Centro de massa ou de gravidade e o Centro de pressão. Logo em seguida começamos a atividade experimental 1, que é a preparação do Kit.

Objetivo

- Preparar o kit 1, que será utilizado na atividade experimental 2.

Avaliação: Observação, análise, baseada em atividades extraclasse com resolução de questões do conteúdo trabalhado, observando também o desempenho de cada um já na preparação do kit.

Material utilizado confeccionar as bases de lançamentos;

- Cano pvc de 20mm;
- Cola pvc;
- Joelhos, luvas e tê de 20mm;
- Tê de 25mm;
- Manômetro para medir a pressão durante os Lançamentos;
- Serra de cano pvc



Figura 12 – Fonte: Próprio autor. Momento da preparação do kit Para construir a base lançadora do foguete.

2.1.5 Quarto encontro-23/11/2021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã).

Descrição:

No quarto encontro, demos início a atividade experimental 2, ou seja, a construção da base lançadora dos foguetes, nesse momento, a turma foi dividida em quatro equipes. Cada equipe formada por 06 alunos(a), num total de 24 alunos). Cada equipe com a função de construir uma base lançadora de foguete e três foguetes de garrafas pet,

totalizando quatro bases e doze foguetes. Sempre fazendo uso de cada conteúdo aplicado, dando exemplo de várias bases e melhores desempenhos, pois, o alcance de um foguete de garrafa pet depende muito da base.

Objetivo:

- Identificar e construir as partes que compõem a nova base lançadora do foguete, com base em vídeos da MOBFOF indicado por nós.

Avaliação: Será feita observando o nível dos alunos no que diz respeito a construção da base e analisando a forma de como eles se socializam em grupos.



Figura 13 – Fonte: Próprio autor. Momento em damos início A construção da base lançadora do foguete.

2.1.6 Quinto encontro-06/12/2021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã).

Descrição:

A partir do quinto encontro, iniciamos a atividade experimental 3 e 4, a construção do foguete, mostrando alguns vídeos de lançamento de foguete, dois experimentos que requer muita atenção por conta de muito fatores com base nos que foram apresentados.

Nesse momento, todos os grupos já formados iniciaram a confecção dos foguetes, fazendo uso de vídeos para melhores desempenhos dos foguetes durante os lançamentos. Não esquecendo claro, de conscientizar os alunos(a), de pôr no lixo todo o material utilizado. Lembrando que, toda a aplicação do trabalho, será aplicado para facilitar o aprendizado de cada(a), fazendo uso de objetos simples e interessante presentes no seu cotidiano. A cada encontro será feito resolução de questões relacionadas ao lançamento de foguetes (questões de Física ou de história dos foguetes, tipo MOBFOG e OBA).

Objetivo:

- Construir o foguete de garrafa pet com base em vídeos da MOBFOF indicados por nós!

Avaliação: Feita também a partir do desempenho e participação de cada grupo nos baseando do desempenho de ambos na confecção dos foguetes.

Material utilizado para a confeccionar os foguetes;

- Garrafas pet de Coca-Cola de dois litros;
- Tesouras;
- Pastas plásticas de colocar documentos;
- Fita isolante;
- Estilete;
- Cola tek bond;
- Pedações de pvc, aqueles usados para forrar residências;
- Massa de modelar;
- Pedações de cano pvc de 10cm de comprimento.



Figura 14 – Fonte: Próprio autor. Momento que estamos construindo o foguete.



Figura 15 – Fonte: Próprio autor. Momento em que Concluimos a base lançadora e o foguete.

2.1.7 Sexto encontro-14/12/2021, duas aulas de 40 minutos (pela manhã).

Descrição:

Exclusivamente, a atividade experimental 5 – corrigindo erros na base do foguete e no foguete. Dando importância a cada base construída, cada foguete construído, além de cada alcance atingido por cada equipe, lembrando que essas observações foram feitas através de vídeos em sala de aula. Pois, lançar foguetes em ambientes fechados causa acidentes.

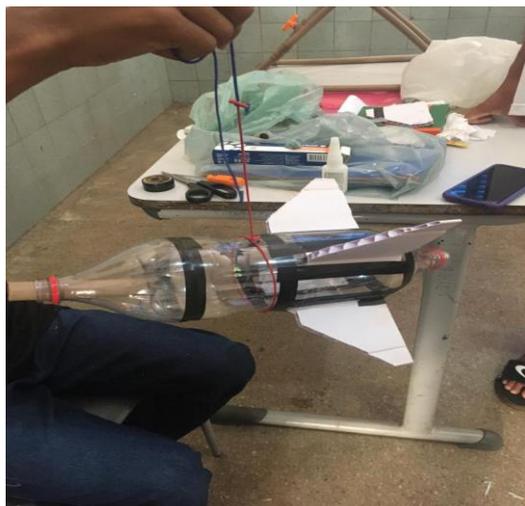


Figura 16. Essa figura mostra como encontrar o O centro de massa de um foguete. Fonte: Próprio Autor.



Figura 17. Recortes de matérias para a montagem dos foguetes. Fonte: Próprio Autor.

2.1.8 Sétimo encontro-28/12/2021, lançamentos dos foguetes, marcamos um encontro em minha residência as 13:00h, logo em seguida fomos para o local de lançamento cerca de 5 Km de distância da escola e 2 Km das últimas casas da cidade. Começamos os lançamentos as 15:00h e concluímos todo o trabalho as 18:00h.



Figura 18 – Fonte: Próprio autor. Momento dos lançamentos dos foguetes.

2° Quadro

1ª Base de Lançamento

1° Lançamento	2° Lançamento	3° Lançamento
Combustível: 375ml de vinagre; 50 gramas de bicabornato de sódio.	Combustível: 500 ml de vinagre; 75 gramas de bicarbonato de sódio;	Combustível: 750 ml de vinagre; 100 gramas de bicarbonato de sódio;
Pressão: 75 psi	Pressão: 75 psi	Pressão: 96 psi
Alcance: 85m	Alcance:120m	Alcance:135m



Fonte: Próprio autor. Fig. 19. Preparando a base e o foguete para os lançamentos.

3° Quadro

2ª Base de lançamento

1° Lançamento	2° Lançamento	3° Lançamento
Combustível: 375ml de vinagre; 50 gramas de bicabornato de sódio.	Combustível: 500 ml de vinagre; 75 gramas de bicarbonato de sódio;	Combustível; 750 ml de vinagre; 100 gramas de bicarbonato de sódio;
Pressão: 47 psi	Pressão: 50 psi	Pressão: 97 psi
Alcance: 62m	Alcance:99m	Alcance:141m

OBS: No 1° lançamento da 2ª base, anel de vedação que veda a saída de pressão, localizado no espigão, deslocou-se, perdendo pressão, logo depois os alunos fizeram a correção.



Figura 20 – Fonte: Próprio autor. Abastecendo o foguete para o lançamento.

4° Quadro

3ª Base de lançamento

1° Lançamento	2° Lançamento	3° Lançamento
Combustível: 250ml de vinagre; 100 gramas de bicabornato de sódio.	Combustível: 500 ml de vinagre; 75 gramas de bicarbonato de sódio;	Combustível: 750 ml de vinagre; 100 gramas de bicarbonato de sódio;
Pressão: 50 psi	Pressão: 55 psi	Pressão: 96 psi
Alcance: 76m	Alcance:99m	Alcance:126m

5º Quadro

4ª Base de lançamento

1º Lançamento	2º Lançamento	3º Lançamento
Combustível: 375ml de vinagre; 50 gramas de bicarbonato de sódio;	Combustível: 500 ml de vinagre; 75 gramas de bicarbonato de sódio;	Combustível: 750 ml de vinagre; 100 gramas de bicarbonato de sódio;
Pressão: 48 psi	Pressão: não registrou!	Pressão: não registrou
Alcance: 81,5m	Alcance: 50m	Alcance: 50m

Obs.: O manômetro não registrou pressão para o 2º e 3º lançamento da 4ª base.

2.1.9 Oitavo encontro-03/01/2022, encerramento dos nossos encontros, e a aplicação do questionário final (Qf).

Descrição:

Exclusivamente para aplicação do Questionário final (Qf).

1) Descreva o que ocorre com os corpos que interagem nas situações a seguir, de acordo com seus conhecimentos Físicos;

a) Uma pessoa inicia uma caminhada. O que ocorre quando o pé está em contato com o chão?

b) Uma criança solta uma bexiga cheia de ar, aberta, e percebe que ela descreve um movimento enquanto expelle o ar. Por que ocorre esse movimento?

2) É muito comum, em uma partida de futebol um jogador ou os jogadores cabecear a bola. Explique o que acontece com a bola ao ser cabeceada:

3) Alguns de seus colegas que estudam no turno vespertino, vem para a aula no ônibus escolar, enfrentando péssimas condições da estrada dentre outros fatores que estão presentes durante a viagem. Imagine que o ônibus venha a 70 km/h, o que acontece se o motorista frear o ônibus bruscamente?

4) Após sofrer uma falta um jogador de futebol fica encarregado de chutar a bola para converter ou fazer o gol, para encobrir a barreira, tenta fazer com que a bola descreva uma trajetória parabólica. Em sua opinião, a barreira tem que ficar próxima ou distante do gol? Por quê?

- 5) Analisando o lançamento de um foguete de garrafa pet, para adquirir melhor altura e um melhor alcance, em que ângulos devo lançar tal foguete?
- 6) Para entendermos melhor o lançamento de um foguete é necessário conhecermos a direção horizontal e a vertical, ambas pertencem a quais eixos?
- 7) Durante a aplicação do Produto Educacional: A Construção de Foguetes Com Garrafas Pet Num Contexto do Ensino e Aprendizagem da Física, tivemos seis encontros presenciais na escola, além de um encontro virtual pelo Google Meet e dois encontros em minha residência, finalizamos com os lançamentos dos foguetes. Para você qual a importância da aplicação do produto para o ensino e aprendizagem da Física? A aplicação do produto teve relevância para uma melhor compreensão dos conteúdos aplicados durante a construção das bases de lançamentos, construção dos foguetes e lançamentos deles ao término dos nossos trabalhos? Por quê?

Objetivo:

Identificar o nível de aprendizado dos alunos, ao longo do Produto Educacional aplicado, bem como, o estudo da Mecânica no lançamento do foguete, a construção da base, a construção do foguete. Fazendo uso da Teoria da aprendizagem de David Ausubel, e assim, fazendo um comparativo antes e depois dos trabalhos realizados.

Avaliação: Analisando o desempenho dos alunos durante os trabalhos realizados, bem como os resultados do Qf, fazendo um comparativo com o Qi, e os resultados dos lançamentos de foguetes cada grupo.

Observações adicionais: Nos dias 09/12/2021 e 22/12/2021, tivemos encontro em minha residência, com duração em média 80min cada, referente a duas aulas. Como a escola estava acabando de voltar de forma presencial, as aulas tinham duração de apenas 40min. Totalizando 160min os dois encontros, pois, os encontros em sala de aula para fazer as correções não foram suficientes. Entre 23/11/2021 e 06/12/2021, tivemos que parar nossos encontros presenciais por conta do avanço dos casos de Covid-19, em nossa cidade Matões-MA. Ou seja, tivemos o privilégio de fazer os nossos trabalhos presenciais, ou seja a aplicação do Produto Educacional, alguns desses encontros extra foi para realizar algo que não foi possível em sala de aula, entre 14/11/2021 e 28/12/2021, foi um recesso de fim de ano, serviu também para manter o distanciamento e evitar o contágio dos casos de Covid-19 que durante a aplicação do produto não teve nenhum caso registrado na escola. Como alguns de meus alunos, vem da zona rural, existe um grau de compreensão e

interpretação diferente de aluno para aluno, porém, cabe a nós educadores buscar meios para fazer uma análise e relacionar de forma que cada discente busque a construção do seu conhecimento.

Entre os encontros em sala de aula e em minha residência, foi registrado 1020min, totalizando aproximadamente 17h.

1° Encontro: 3 aulas de 40min- 120min;

2° Encontro: 2 aulas de 40min- 80min;

3° Encontro: 2 aulas de 40min- 80min;

4° Encontro: 2 aulas de 40min- 80min;

5° Encontro: 2 aulas de 40min- 80min;

6° Encontro: 2 aulas de 40min- 80min;

7° Encontro: lançamento dos foguetes, três horas,180min;

8° Encontro: Aplicação do questionário final (QF), no dia 03 de janeiro de 2022: duas aulas de 40min- 80min, mais os três encontros em minha residência, no total de 240min, totalizando 1020min o que resulta em 17h.

Referências:

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

BONJORNO, José Roberto.” et al”. **FÍSICA – Mecânica**. 3° ed. São Paulo: FTD, 2016.

Carvalho A M P et al.. **ENSINO DE FÍSISCA** – São Paulo: Cengage Learning, 2021.

CLAUDIO, Xavier; BARRETO, Benigno. **Coleção: FÍSICA Aula por Aula- Mecânica**.

1° ed. São Paulo: FTD, 2010.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física, mecânica**, Volume 1. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual [recurso eletrônico]** – 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015

LILIAN BACICH E LENADRO HOLANDA. **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020. Xiv, 229 p.il.; 23 cm.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. da UnB, 1998.

NARDI, Roberto. **Origens e Evolução da Pesquisa em Educação em Ciências no Brasil**: uma retrospectiva histórica. In: DEL, Roio Marcos. **A Universidade entre o Conhecimento e o Trabalho: o dilema das ciências**. Marília: Unesp Publicações, 2005.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. **Foguetes – Manual do Professor com Atividades de Ciências, Matemática e Tecnologia/Nasa**; traduzido pela Universidade do Vale do Paraíba. – São José dos Campos: Univap. 2001.

NEWTON I. **Princípios Matemáticos de Filosofia Natural** – Livro I. Editora da Universidade de São Paulo, 2016.

NOGUEIRA, S; PESSOA FILHO, J. B; SOUZA, P. N. **Astronáutica: ensino fundamental e médio, Coleção Explorando o Ensino**, v. 12, Fronteira Espacial, parte 2. Brasília: MEC – SEB, MCT E AEB, 2009.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica, 1: **mecânica**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2013.

ROCHA F. M. (Org.) **Origens e evolução das ideias da física** – 2ª edição. – Salvador: EDUFBA, 2015.

SOUZA, J. A. U foguete de garrafa PET. **Física na Escola**. São Carlos, São Paulo, v. 8, n. 2, p.4 – 11, 2007.