



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Alexandre Gatelli Bastos

## **LANÇAMENTO OBLÍQUO DE FOGUETE A PROPULSÃO DE ÁGUA EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Karen Cavalcanti Tauceda

Orientador

Prof. Dr. Márcio Gabriel dos Santos

Coorientador

Março de 2020.

### CIP - Catalogação na Publicação

Gatelli Bastos, Alexandre  
LANÇAMENTO OBLÍQUO DE FOGUETE A PROPULSÃO DE ÁGUA EM UMA  
SEQUÊNCIA DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA / Alexandre Gatelli Bastos. -- 2020.  
95 f.  
Orientadora: Karen Cavalcanti Tauceda.

Coorientador: Márcio Gabriel dos Santos.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte,  
Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional  
Profissional em Ensino de Física, Tramandai, BR-RS,  
2020.

1. Lançamento de foguetes PET. 2. Experimentação em  
Física. 3. Cinemática. 4. Aprendizagem Significativa.  
5. Ensino de Física. I. Cavalcanti Tauceda, Karen,  
orient. II. Gabriel dos Santos, Márcio, coorient.  
III. Título.

Alexandre Gatelli Bastos

**LANÇAMENTO OBLÍQUO DE FOGUETE A PROPULSÃO DE ÁGUA EM UMA  
SEQUÊNCIA DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 09 de março de 2020.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Karen Cavalcanti Tauceda – Presidente da Banca – MNPEF-  
UFRGS/CLN

---

Prof. Dr. Ederson Staudt – MNPEF-UFRGS/CLN

---

Prof. Dr. Roniere dos Santos Fenner – MNPEF-UFRGS/CLN

---

Prof. Dr. Jorge Rodolfo Silva Zabadal – MNPEF-UFRGS/CLN

Dedico a minha família, esposa e filhas que souberam me entender e motivar nessa jornada e aos meus professores e orientadores Karen e Márcio pela ininterrupta força e apoio.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa Realiane por me incentivar a entrar no programa.

Agradeço as minhas filhas Isabela e Manuela, pois são minha motivação em qualquer jornada.

Aos meus orientadores, prof<sup>a</sup>. Dra. Karen Cavalcanti Tauceda e prof. Dr. Márcio Gabriel dos Santos, por estarem comigo em todos os momentos, apoiando-me e orientando de forma incansável.

Aos meus colegas do programa de mestrado da UFRGS campus litoral, pela parceria incrível e amizade.

Aos meus colegas do Instituto Estadual Riachuelo que oportunizaram a implementação do produto educacional.

Enfim, a todos que direta e indiretamente contribuíram para essa etapa de minha vida.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo a construção de um produto educacional que pudesse ser utilizado no componente curricular de Física no Ensino Médio, contextualizando de forma experimental a construção e lançamento de foguetes de garrafas PET, buscando despertar o interesse científico em um relacionamento prazeroso com o componente curricular. O produto educacional foi aplicado com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio do Instituto Estadual Riachuelo, na cidade de Capão da Canoa – RS, em outubro de 2019. O estudo de foguetes de água com garrafas PET permite a investigação, problematização e o estudo dos fenômenos físicos relacionados ao lançamento oblíquo, através da experimentação em uma sequência didática significativa, para facilitar e melhorar as aprendizagens dos conceitos de Dinâmica e os estudos dos fenômenos (resistência dos materiais, forças, momento de inércia, Leis de Newton, impulso, pressão, centro de massa, leis do movimento, velocidade relativa, balística), Astronomia (gravitação, mecânica orbital). A turma onde foi aplicado o produto educacional possuía trinta e seis alunos do primeiro ano do ensino médio. Foram propostas cinco aulas de dois períodos, cada período com duração de cinquenta minutos, no decorrer de duas semanas, totalizando dez períodos. A possibilidade da discussão a partir da experimentação dos conceitos e grandezas de Mecânica foi um dos resultados da pesquisa, pois quando estes conceitos são ministrados exclusivamente em sala de aula de forma expositiva pelo professor, parecem não despertar o interesse dos estudantes. Além deste aspecto, também foram identificadas melhorias na compreensão das temáticas desenvolvidas durante a sequência de ensino-aprendizagem.

Palavras chave: Lançamento de foguetes PET, Experimentação em Física, Ensino de Física, Cinemática, Aprendizagem Significativa.

## ABSTRACT

The present study aimed to build an educational product that could be used in high school physics Curriculum, contextualizing in an experimental mode, the construction and launch of PET bottle rockets, seeking to arouse scientific interest in a pleasant relationship with the Curriculum. The educational product was applied to high school freshmen year students of Riachuelo State Institute, in Capão da Canoa - RS, in October 2019. The study of water rockets made of PET bottles allows the investigation, problematization and study of the physical phenomena related to oblique launch, through experimentation in a meaningful didactic sequence, in order to facilitate and improve the learning of the concepts of dynamics and the study of the phenomena (strength of materials, forces, inertia moment, Newton's Laws, impulse, pressure, center of mass, laws of motion, relative velocity, ballistics), Astronomy (gravitation, orbital mechanics). The class where the educational product was applied had thirty-six high-school freshmen year students. Five classes were proposed, each class divided into two fifty-minute-periods, along two weeks, making it ten periods in total. The possibility of discussion based on the experimentation of the concepts and quantities in mechanics was one of the research results, because when these concepts are taught exclusively in an expository method in the classroom by the teacher, they do not seem to arouse the interest of the students. In addition to this aspect, improvements were also identified in the understanding of the themes developed during the teaching-learning sequence.

Keywords: PET rocket launch, Physics Experimentation, Physics Teaching, Kinematics, Meaningful Learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Noção pré-galileana de movimento balístico, <i>Problematum Astronomicorum</i> , Daniele Santbech 1561 .....	18
Figura 2 – Evolução dos foguetes - NASA, ESA, Centro Espacial de Samara, China Great Wall Industry, Russian Space Web.....	18
Figura 3 - Movimento de um projétil próximo da superfície da Terra, Halliday, 2013 .....	19
Figura 4 - A experimentação e o estudo das leis de newton – A moeda no copo. Sara de Oliveira Rodrigues , Weimar Silva Castilho, 2012.....	24
Figura 5 - A experimentação e o estudo das leis de newton - a torre de moedas, Sara de Oliveira Rodrigues , Weimar Silva Castilho, 2012.....	26
Figura 6 - A experimentação e o estudo das leis de newton - bexiga cheia de ar, Sara de Oliveira Rodrigues , Weimar Silva Castilho, 2012.....	27
Figura 7 - Colisão entre corpos, <i>Física I mecânica</i> . Young e Freedman, 2008 .....	29
Figura 8 – Lançamento de foguete. US Navy, O Naval Strike Missile é feito pelo grupo Kongsberg da Noruega. (Foto de Kongsberg) 2018 .....	30
Figura 9 - Cano de PVC de 50mm.....	45
Figura 10 - Cano de PVC de 20mm.....	45
Figura 11 - Redução de PVC de 50mm x 20mm .....	45
Figura 12 - Luva de PVC de 50mm .....	45
Figura 13 - Cap de PVC de 50mm.....	45
Figura 14 - Dobradiça .....	45
Figura 15 - Broca de 6mm para madeira .....	46
Figura 16 - Parafusos para dobradiça.....	46
Figura 17 - Transferidor.....	46
Figura 18 - Cola de cano PVC .....	46
Figura 19 - Braçadeiras de nylon .....	46
Figura 20 - Barbante .....	46
Figura 21 - Base do foguete montada .....	48
Figura 22 - Garrafa de 500ml de plástico .....	48
Figura 23 - Pasta de plástico .....	48
Figura 24 - Fita adesiva larga.....	49
Figura 25 - Massa de modelar.....	49
Figura 26 – Estilete .....	49
Figura 27 - Cola escolar branca .....	49
Figura 28 - Cola instantânea .....	49
Figura 29 – Foguete .....	50
Figura 30 - Foguete na base de lançamento.....	50
Figura 31 - Atividade aula 1 - aluno 1 .....	56
Figura 33 - Atividade aula 1 - aluno 2 .....	58
Figura 34 - Atividade aula 3 - aluno 1 .....	60
Figura 35 - Atividade aula 3 - aluno 2 .....	60
Figura 36 - Atividade aula 4 - aluno 1 .....	62
Figura 37 - Atividade aula 4 - aluno 1 .....	63
Figura 38 - Atividade aula 4 - aluno 2 .....	63
Figura 39 - Atividade aula 4 - aluno 2 .....	64



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	13
2.1	Objetivos Específicos.....	13
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
3.1	Aprendizagem Significativa.....	14
3.2	Origens dos foguetes.....	17
3.3	Conceitos Básicos de Mecânica.....	19
3.3.1	Movimento de projéteis ou lançamento balístico .....	19
3.3.2	Alcance Horizontal .....	22
3.3.3	Leis de Newton .....	23
3.3.4	Momentum ou Quantidade de Movimento .....	27
3.4	Foguetes .....	29
3.5	A construção e o uso de foguetes com propulsão à água no ensino de física.....	31
3.5.1	A construção dos foguetes e sua estabilidade .....	31
3.5.2	Os foguetes como ferramentas de aprendizagem de conceitos da física .....	32
<b>4</b>	<b>CONTEXTO METODOLÓGICO</b> .....	35
4.1	Material e confecção do produto.....	37
4.2	Proposta metodológica da sequência de ensino-aprendizagem significativa .....	37
4.3	Detalhamento da sequência de ensino-aprendizagem significativa.....	38
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	51
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	66
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	67
	<b>APÊNDICES</b> .....	71
	<b>PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	72

## 1 INTRODUÇÃO

A ciência é de extrema importância para entender o mundo ao nosso redor, o mundo dentro de nós e o mundo além de nós. A física é a ciência mais básica e fundamental e desafia nossa imaginação com conceitos como relatividade e quântica, cujas teorias propõem descrever os fenômenos a altas velocidades e de natureza infinitesimal, respectivamente, levando a grandes descobertas que propiciam novas tecnologias e mudam nossas vidas. Segundo Manegoto e Rocha Filho (2008), ela é rica em aplicações no cotidiano, mas interpretada de maneira errada, muitas vezes leva ao desinteresse dos alunos.

Estudar física é um desafio que assusta muitos alunos. Mas é precisamente uma das razões mais importantes para se estudá-la!

O senso de curiosidade e o desafio são dois dos principais estímulos na aprendizagem do aluno, devem ser o norte da disciplina de Física no Ensino Médio, pois a disciplina tem como fonte de estudo fenômenos que ocorrem no nosso cotidiano. Entretanto, não é isto que vem acontecendo no Ensino Médio, há uma dificuldade de contextualização entre os conteúdos ministrados pelo professor em sala de aula e os conhecimentos que os discentes já possuem na forma empírica, do cotidiano. Mas esse não é um problema que acontece apenas aqui no Brasil, em seu relatório, Rocard diz que “[...] a educação científica está longe de atrair multidões” (2007, p. 6), o que, segundo ele, é “uma grande ameaça ao futuro da Europa” (Idem). Nesse estudo foi constatado que, geralmente, os professores europeus abordam os assuntos de maneiras muito abstratas, adotando linhas didáticas mais tradicionais, sem utilizar atividades experimentais em sala de aula ou, até mesmo, outros recursos, como as Tecnologias de Informação e Comunicação (Tic), o que acaba desmotivando os alunos a estudar.

Há uma discrepância entre a física estudada em sala de aula e a estudada por cientistas. Ainda assim, deve manter o mesmo instinto investigativo e desafiador, induzindo os alunos a descobertas e um maior entendimento da natureza que os cerca. Neste sentido pretende-se envolver o discente e despertá-lo para o senso da pesquisa.

A resolução de equações, embora importante, muitas vezes suprime a autonomia crítica do educando, no qual os conteúdos abordados da disciplina são

ministrados superficialmente, devido a falta de vários fatores, tais como o tempo e foco em vestibular, formação do docente em área distinta da física, etc.

A proposta deste trabalho consiste numa ferramenta teórico-prática, com objetivo de contextualizar:

Conceitos da física relacionados ao lançamento de projéteis;

As concepções prévias dos estudantes,

Análise experimental.

Portanto, visa investigar a aprendizagem dos conceitos de física relacionados ao lançamento de foguetes com propulsão à água, em uma sequência de ensino teórico-prática.

O movimento de um foguete é uma aplicação direta da terceira lei de Newton e do princípio da quantidade de movimento (momentum). O foguete expelle um jato de gases de sua cauda; eis a força de ação. O jato de gases exerce uma força sobre o foguete, impelindo-o para frente; é a força de reação. Tais forças são internas ao sistema (foguete + gás) e com isso os gases adquirem uma quantidade de movimento para trás e o foguete adquire outra igual na mesma direção para frente (HALLIDAY, 2013).

A teoria de Ausubel, onde o principal enfoque é a aprendizagem significativa (Moreira, 2011), propõe a maneira que os indivíduos utilizam para adquirir e armazenar grande quantidade de informações de um conhecimento. Ausubel enfoca que essa forma de aprender e armazenar novas ideias e informações pode ser da maneira em que conceitos importantes estejam adequadamente precisos e a disposição na estrutura cognitiva do indivíduo, servindo de suporte para novas ideias e conceitos, base do processo de aprendizagem significativa como o fundamental na aprendizagem escolar. Segundo Moreira (2011), o cerne da teoria de Ausubel é o da aprendizagem significativa – um processo através do qual uma nova informação se relaciona de forma não arbitrária e substantiva a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, as possibilidades para a construção e para o lançamento de modelos de foguetes podem se inserir em um conjunto bastante amplo de áreas estudadas no nível fundamental e médio no componente curricular da Física. Dessa forma pretende-se investigar se a inserção da atividade prática do foguete, com as problematizações relacionadas aos conceitos prévios e aos conceitos científicos do contexto escolar, podem contribuir para a melhoria da aprendizagem de conceitos da física.

A organização deste trabalho será dividida em cinco capítulos, tendo a introdução como a abordagem do assunto principal da pesquisa. No segundo capítulo será abordado o referencial teórico de ensino-aprendizagem, no qual consta a aprendizagem significativa descrita por D. Ausubel e que é utilizada neste trabalho. Também neste capítulo, são apresentados conceitos sobre as origens dos foguetes; conceitos básicos de Mecânica; movimento de projéteis ou lançamento balístico; leis de Newton; momentum ou quantidade de Movimento; a construção e o uso de foguetes com propulsão à água no ensino de física e os foguetes como ferramentas de aprendizagem de conceitos da física. No terceiro capítulo teremos o contexto metodológico, onde será detalhada a abordagem e a proposta de uma sequência e estratégia pedagógica para a promoção da aprendizagem significativa para estudantes do ensino médio, desenvolvida durante a construção e a interação com a atividade experimental de lançamento de foguetes, a instituição de ensino e os sujeitos envolvidos, e a organização da aplicação do produto educacional, bem como o detalhamento das etapas de desenvolvimento da sequência didática. No quarto capítulo os resultados e discussões. No quinto capítulo, as conclusões finais. No apêndice consta a sequência didática detalhada: questionário de conhecimentos prévios, textos de apoio, manual para construção do lançador de foguetes e do foguete, materiais utilizados, manual de utilização do simulador “Projectile Motion (HTML5)” e questionário de avaliação da sequência.

## **2 OBJETIVO GERAL**

- Investigar, problematizar e estudar os fenômenos físicos relacionados ao lançamento oblíquo, através da experimentação com foguetes de propulsão a água em uma sequência didática significativa, para facilitar e melhorar as aprendizagens dos conceitos de Mecânica (resistência dos materiais, forças, momento de inércia, Leis de Newton, impulso, pressão, centro de massa), Cinemática (leis do movimento, velocidade relativa, balística), Astronomia (gravitação, mecânica orbital), Termodinâmica (conservação da energia, expansão adiabática de gases) e Fluidodinâmica (aerodinâmica, escoamento de fluidos, equação de Bernoulli, equação de continuidade).

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Apresentar uma proposta de ensino-aprendizagem em física através da construção de foguetes de propulsão a água, com materiais reciclados e de baixo custo.
- Contribuir para a aprendizagem significativa dos alunos, disponibilizando aos professores material e sequência didática de fácil acesso, como alternativa ao ensino meramente teórico e conceitual.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Cognitiva ou Significativa por D. Ausubel é a agregação dos materiais aprendidos numa incrementação mental ordenada, a Estrutura Cognitiva representando todo um conteúdo informacional acondicionado por um indivíduo, classificado de uma certa forma em qualquer modalidade do conhecimento, conforme (MOREIRA 2011).

Ainda, Moreira (2011) relata que o conteúdo previamente detido pelo indivíduo representa um forte influenciador do processo de aprendizagem. Novos dados serão assimilados e armazenados na razão direta da qualidade da Estrutura Cognitiva prévia do aprendiz.

Segundo Lima (2019), a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação passa a fazer parte da organização cognitiva do aprendiz através de um processo onde o novo conhecimento é armazenado de forma não literal e não arbitrária. Nas palavras de Ausubel:

“Uma relação não arbitrária e não literal significa que as ideias são relacionadas a algum aspecto relevante existente na estrutura cognitiva do aluno como, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição” (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p.34).

Conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1980), esse conhecimento anterior resultará num "ponto de ancoragem" onde as novas informações encontrarão um modo de se integrar àquilo que o indivíduo já conhece. Ainda relata que essa experiência cognitiva, porém, não se influencia apenas unilateralmente. Apesar da estrutura prévia orientar o modo de assimilação de novos dados, estes também influenciam o conteúdo atributivo do conhecimento já armazenado, resultando numa interação evolutiva entre "novos" e "velhos" dados. Sendo esse processo de associação de informações inter-relacionadas denomina-se Aprendizagem Significativa. Em contrapartida Ausubel também coloca a ocorrência da Aprendizagem Mecânica, que é aquela que encontra muito pouca ou nenhuma informação prévia na Estrutura Cognitiva a qual possa se relacionar, sendo então armazenada de maneira arbitrária. Em geral envolve conceitos com um alto ou total teor de "novidade" para o aprendiz, mas no momento em que é mecanicamente assimilada, passa a se integrar ou criar novas Estruturas Cognitivas. Dessa forma a

Aprendizagem Significativa é preferível à Aprendizagem Mecânica, ou Arbitrária, pois constitui um método mais simples, prático e eficiente. Muitas vezes um indivíduo pode aprender algo mecanicamente e só mais tarde percebe que este se relaciona com algum conhecimento anterior já dominado. No caso, ocorreu então esforço e tempo demasiado para assimilar conceitos que seriam mais facilmente compreendidos se encontrassem uma "âncora", ou um conceito subsunçor, existente na Estrutura Cognitiva.

Segundo Moreira (2011), subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Assim, definimos como uma estrutura específica ao qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual que armazena experiências prévias do aprendiz. Uma grande questão levantada pela Teoria de Ausubel diz respeito a origem dos subsunçores. Se eles não estiverem presentes para viabilizar a Aprendizagem Significativa, como é possível criá-los?

Segundo Ausubel (1973) a Aprendizagem Mecânica é necessária e inevitável no caso de conceitos inteiramente novos para o aprendiz, mas posteriormente ela passará a se transformar em Significativa. Para acelerar esse processo Ausubel propõe os Organizadores Prévios, âncoras criadas a fim de manipular a Estrutura Cognitiva, interligando conceitos aparentemente não relacionáveis através da abstração. Para que ocorra uma Aprendizagem Significativa segundo Ausubel, é necessário que:

- O material a ser assimilado seja Potencialmente Significativo, ou seja, não arbitrário em si. Mesmo materiais arbitrários então, podem ser tornados significativos através de Organizadores Prévios.
- Ocorra um conteúdo mínimo na Estrutura Cognitiva do indivíduo, com subsunçores em suficiência para suprir as necessidades relacionais.
- O aprendiz apresente uma disposição para o relacionamento e não para simplesmente memorizá-lo mecanicamente muitas vezes até simulando uma associação. Muito comum em estudantes acostumados a métodos de ensino, exercícios e avaliação repetitivos e rigidamente padronizados.

Ainda por Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem Significativa se divide em 3 tipos:

- A Aprendizagem Representacional é basicamente uma associação simbólica primária. Atribuindo significados a símbolos como, por exemplo, valores sonoros vocais a caracteres linguísticos.

- A Aprendizagem de Conceitos é uma extensão da Representacional, mas num nível mais abrangente e abstrato, como o significado de uma palavra, por exemplo.

- A Aprendizagem Proposicional é o inverso da Representacional. Necessita, é claro, do conhecimento prévio dos conceitos e símbolos, mas seu objetivo é promover uma compreensão sobre uma proposição através da soma de conceitos mais ou menos abstratos. Por exemplo, o entendimento sobre algum aspecto social.

A Aprendizagem Significativa também pode possuir uma das seguintes naturezas, conforme Ausubel (1973):

- Subordinada: Onde a informação nova é assimilada pelo subsunçor passando a alterá-lo.

- Superordenada: Quando a informação nova é ampla demais para ser assimilada por qualquer subsunçor existente, sendo mais abrangente que estes e então passa a assimilá-los.

- Combinatória: Quando a informação nova não é suficientemente ampla para absorver os subsunçores, mas em contrapartida é muito abrangente para ser absorvida por estes, assim passa a se associar de forma mais independente aos conceitos originais.

Segundo Moreira (2011), a categorização de Aprendizagem Significativa Subordinada, Superordenada e Combinatória se ajusta a categorização em Representacional, Conceitual e Proposicional. Uma aprendizagem Representacional apresenta uma assimilação geralmente Subordinada. Uma Conceitual pode ser Subordinada, mas tende mais a ser Superordenada e menos frequentemente Combinatória. Já uma Proposicional tende mais a Superordenada ou Combinatória. Da mesma forma na aprendizagem Representacional de característica predominantemente Subordinada, ocorre a Diferenciação Progressiva, onde um conceito original vai sendo progressivamente detalhado e especializado, evoluindo através das assimilações subordinadas resultando num processo de Análise. Já numa aprendizagem de característica Superordenada ou Combinatória tende a ocorrer a



Reconciliação Integrativa, onde os conceitos originais buscam associações entre si, interligando-se de forma expansiva e Sintética.

*"...o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; determine isso e ensine-o de acordo."* (AUSUBEL 1973)

Essa frase do próprio autor resume seu ponto de vista, sendo assim, o mesmo propõe que a Estrutura Cognitiva possa ser estimulada Substantivamente, através de métodos de integração e unificação de conceitos. E programaticamente, por uma organização estruturada que use a formação sequencial de subsunçores. De forma que o papel pedagógico, segundo Ausubel (1973) envolva ao menos 4 partes:

- Determinação da estrutura da matéria de ensino e seu Potencial Significativo, de modo a organizá-los numa sucessão de melhor possibilidade de assimilação. Organização Sequencial
- Identificação dos subsunçores do processo sequencial de ensino que devem possuir correlatos nas Estruturas Cognitivas do aprendiz.
- Identificação do Potencial Significante do aprendiz, isto é, as suas Estruturas Cognitivas já consolidadas.
- Aplicação de um método de ensino que priorize a associação dos conceitos da matéria com os subsunçores do aprendiz de forma a criar uma Aprendizagem Significativa e possibilitar uma gama de opções de associação de conceitos de modo a levar a uma Consolidação do aprendizado.

Podemos concluir que Ausubel então propõe a valorização da Estrutura Cognitiva do aprendiz, subordinando o método de ensino à capacidade do aluno de assimilar a informação.

### **3.2 Origens dos foguetes**

Segundo a Marchionatti (2012), os chineses foram os responsáveis pela experimentação dos primeiros foguetes que surgiram, confeccionados com tubos de bambu cheios de uma espécie de pólvora eram utilizados em festividades religiosas e posteriormente em arcos para fins militares. Analisando cada lançamento, descobriram que esses tubos contendo pólvora poderiam ser lançados com a impulsão dos gases liberados na reação química.

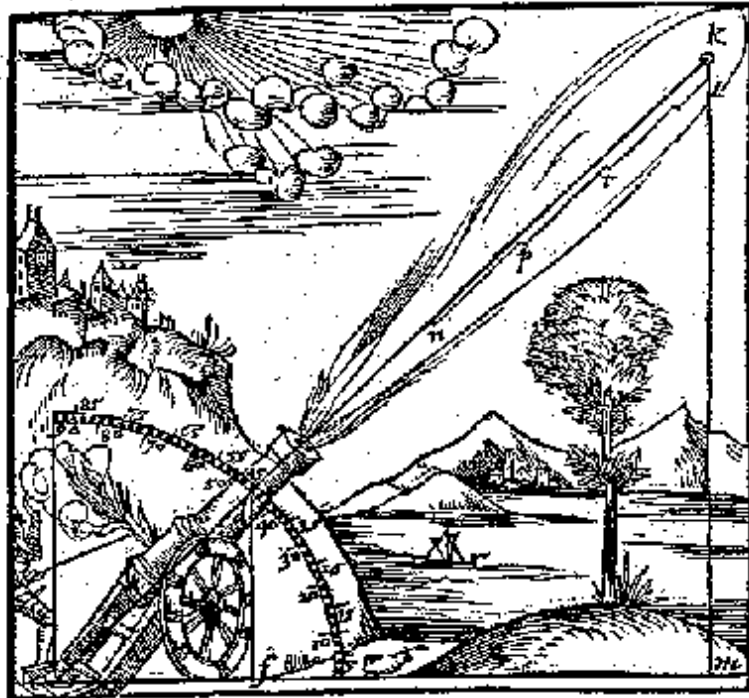


Figura 1 - Noção pré-galileana de movimento balístico, *Problematum Astronomicorum*, Daniele Santbech 1561

Até o século XVII acreditava-se que um projétil subia em linha reta, fazia uma curva no alto da trajetória e em seguida caía verticalmente. A figura acima, de um livro de 1561 (Daniele Santbech, *Problematum Astronomicorum*), ilustra bem esta noção pré-galileana de movimento balístico.

A NASA (2001) explica que com o passar dos séculos foram desenvolvidos foguetes para vários fins, os destinados a armamentos bélicos foram os mais



Figura 2 – Evolução dos foguetes - NASA, ESA, Centro Espacial de Samara, China Great Wall Industry, Russian Space Web

utilizados, dando origem aos mísseis balísticos. O desenvolvimento dos mísseis, na virada do século XIX para o século XX, deu origem ao surgimento de foguetes como forma de propulsor para veículos espaciais, culminando com a chegada do homem a Lua.

### 3.3 Conceitos Básicos de Mecânica

Segundo Serway e Jewett (2014), a análise do movimento de foguetes envolve conhecimentos básicos de mecânica:

- Movimento de projéteis ou lançamento balístico;
- Leis de Newton,
- Momentum.

#### 3.3.1 Movimento de projéteis ou lançamento balístico

Conforme Jewett e Serway (2011), o lançamento oblíquo ou movimento de um projétil ou também conhecido por lançamento balístico é o estudo do movimento de corpos lançados ao ar livre, sendo que, a força gravitacional, considerada constante é a única atuante sobre o projétil.

Segundo Young (2008), um projétil é qualquer corpo lançado com uma velocidade inicial e que segue uma trajetória determinada exclusivamente pela gravidade. A curva descrita pelo projétil é a sua trajetória, determinada por uma partícula com aceleração  $g$  (aceleração gravitacional), constante em módulo, direção

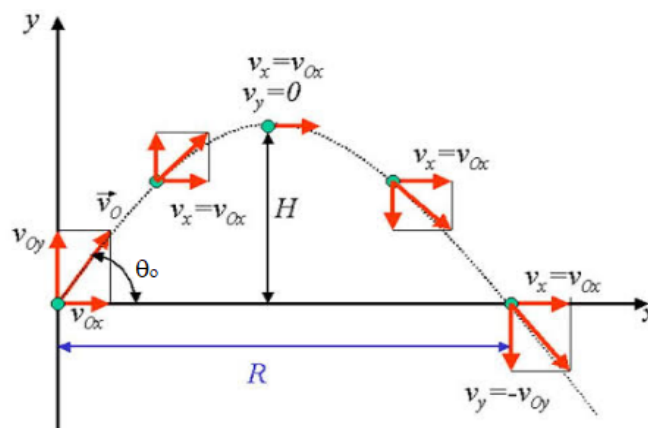


Figura 3 - Movimento de um projétil próximo da superfície da Terra, Halliday, 2013

e sentido, desprezando a resistência do ar bem como a curvatura e rotação da Terra.

Em outras palavras, o movimento de um projétil é submetido a uma aceleração constante  $g$ , vertical para baixo. Não há componente horizontal da aceleração Halliday (2013). Pelo fato de ser um modelo, o mesmo possui algumas limitações. A curvatura da Terra deve ser considerada no movimento de um míssil de longo alcance e a resistência do ar é de suma importância no movimento de um paraquedista.

Ainda, Halliday (2013), descreve o movimento balístico como tridimensional (3D), mas é conveniente adequar um plano ao movimento e considerar um movimento bidimensional (2D) onde uma partícula é lançada em um plano vertical com velocidade inicial  $\vec{V}_0$  e com uma aceleração constante, igual a aceleração da queda livre  $g$ , dirigida para baixo. Muitos esportes podem ter o seu movimento aproximado ao movimento balístico de uma bola: jogadores e técnicos estão sempre analisando esse movimento para obter o máximo de vantagem no esporte. O jogador que descobriu a rebatida em Z no raquetebol na década de 1970, por exemplo, vencia os jogos com facilidade porque a trajetória peculiar da bola no fundo da quadra surpreendia os adversários. A escolha da origem do sistema de referência é atribuída no ponto em que o projétil é lançado figura 3. Desta forma, por exemplo, a origem será o ponto em que a bola deixa o pé do jogador ou em que o combustível do foguete acaba (queima por completo).

Para facilitar o estudo escolhe-se de início o instante em que o projétil é lançado, ou seja, tomamos  $t=0$  na origem do sistema de coordenadas. A velocidade de lançamento no instante inicial é  $\vec{V}_0$  e faz com a horizontal um ângulo  $\theta_0$ . As componentes do vetor velocidade inicial na direção  $x$  e na direção  $y$  serão respectivamente, conforme Tipler e Mosca (2013) dadas por:

$$V_{0x} = V_0 \cos \theta_0 \quad (3.1)$$

$$V_{0y} = V_0 \sin \theta_0 \quad (3.2)$$

O caso de um lançamento oblíquo é um caso clássico de um objeto sob **aceleração constante**, portanto podemos utilizar qualquer uma das equações da cinemática:

$$V = V_0 + at \quad (3.3)$$

$$x = x_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (3.4)$$

$$V^2 = V_0^2 + 2a\Delta x \quad (3.5)$$

Ainda, Nussenzveig (2013) cita que as expressões cinemáticas somente são precisas se a aceleração for constante durante o intervalo de tempo considerado, devemos cuidar para não usá-las em situações em que a aceleração varia de alguma forma (aceleração é uma grandeza vetorial, possui módulo, direção e sentido). Como a única aceleração envolvida no lançamento de projéteis é a aceleração gravitacional  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ , não há componente horizontal da aceleração, a componente horizontal da velocidade será constante.

$$a_x = 0 \quad (3.6)$$

$$V_{0x} = V_x = V_0 \cos \theta_0 \quad (3.7)$$

A componente da velocidade na vertical irá variar com o tempo, da mesma forma que um movimento vertical com aceleração constante, ou seja, um corpo em queda livre com aceleração  $g$ . Considerado o eixo sentido positivo para cima, temos:

$$a_y = -g \quad (3.8)$$

$$V_y = V_0 \sin \theta_0 - \quad (3.9)$$

Onde o módulo do vetor velocidade resultante, num determinado instante é dado por:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (3.10)$$

O ângulo que  $\theta$  que o vetor velocidade faz com a horizontal, no mesmo instante, é dado por:

$$\theta = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{V_x}{V_y} \right) \quad (3.11)$$

O vetor velocidade é tangente à trajetória do móvel em cada ponto. O vetor aceleração é constantemente dirigido para baixo.

A coordenada  $x$  do móvel, em qualquer instante, com  $a_x = 0$  e  $V_{0x} = V_0 \cos \theta_0$  é

$$x = (V_0 \cos \theta_0) t \quad (3.12)$$

A coordenada  $y$  do móvel, em qualquer instante, com  $a_y = -g$  e  $V_{0y} = V_0 \sin \theta_0$  é

$$y = (V_0 \sin \theta_0)t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (3.13)$$

A origem dos tempos foi atribuída na origem dos movimentos segundo os eixos  $x$  e  $y$ , de tal modo que  $t$  é o mesmo para ambos os movimentos. Logo, resolvendo o sistema das duas equações acima em termos de  $t$ , obtemos:

$$y = (tg\theta_0)x - \frac{g}{2(V_0 \cos \theta_0)^2}x^2 \quad (3.14)$$

Sendo que  $V_0$ ,  $\theta_0$  e  $g$  são constantes, a equação (3.14) possui a forma

$$y = bx - cx^2, \quad (3.15)$$

que é a equação de uma parábola. Logo, a trajetória de um projétil é parabólica.

### 3.3.2 Alcance Horizontal

Segundo Halliday (2013), o alcance horizontal  $R$  de um projétil é a distância horizontal percorrida pelo projétil até voltar à altura inicial (altura de lançamento) Para determinar o alcance  $R$ , obtemos a partir das equações:

$$R = (v_0 \cos \theta_0)t \quad (3.16)$$

e

$$0 = (v_0 \sin \theta_0)t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (3.17)$$

Eliminando  $t$  nessas duas equações, obtemos

$$R = \frac{v_0^2}{g} \sin \theta_0 \cos \theta_0 \quad (3.18)$$

Usando a identidade de  $\sin 2\theta_0 = 2 \sin \theta_0 \cos \theta_0$ , obtemos

$$R = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta_0 \quad (3.19)$$

Essa equação não fornece a distância horizontal percorrida pelo projétil quando a altura final é diferente da altura de lançamento. O  $R$  na Eq. (3.19) atinge o valor máximo para  $\sin 2\theta_0 = 1$ , que corresponde a  $\sin 2\theta_0 = 90^\circ$  ou  $\theta_0 = 45^\circ$ .

O alcance horizontal  $R$  é máximo para um ângulo de lançamento de  $45^\circ$ .

### 3.3.3 Leis de Newton

#### **1ª Lei de Newton:**

Conforme Alonso e Finn (2014), um ponto material (objeto sem extensão, de tal maneira que não há necessidade de fazer considerações acerca das rotações ou das vibrações do corpo) isolado<sup>1</sup> está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU). Logo, ou o corpo está em repouso, equilíbrio estático, ou o corpo está em MRU equilíbrio dinâmico. Um ponto material isolado, então, não tem a capacidade de, por si mesmo, alterar seu estado, ou seja, se estiver em repouso continuará em repouso, e se estiver em MRU continuará em MRU.

Para que ocorra alteração no estado de um ponto material, Halliday (2013) descreve que é preciso, então, que seja aplicada uma força sobre o mesmo. Disso origina-se a segunda lei de Newton.

A primeira lei de Newton, também é conhecida como lei da inércia, se a força resultante sobre um corpo (no caso ponto material sempre) for nula, esse corpo estará em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. Conforme Nussenzveig (2013) a tradução do enunciado original da primeira lei de Newton:

**“Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele.”**

---

<sup>1</sup> Ponto material isolado significa que a resultante sobre o ponto é zero, ou seja, o somatório das forças é zero, então, a aceleração do corpo é nula também.

Halliday (2013) relata que a inércia de um corpo está ligada diretamente a massa do mesmo, que é medida em kg (quilogramas) no Sistema Internacional de unidades (SI). Quanto maior a inércia de um corpo, maior será sua massa.



*Figura 4 - A experimentação e o estudo das leis de newton – A moeda no copo. Sara de Oliveira Rodrigues , Weimar Silva Castilho, 2012*

Exemplo:

Na figura 4 podemos visualizar o comportamento da inércia com experimentos simples, onde consiste em apoiar um pequeno pedaço de papel em cima de um copo, colocando em seguida, uma moeda em cima da folha de papel. Ao puxarmos ou empurrarmos rapidamente a folha de papel, a moeda cairá em linha reta, dentro do copo. Esse fenômeno ocorre graças à inércia da moeda, ou seja, à sua tendência de permanecer em repouso.

### **2ª Lei de Newton (Princípio Fundamental da dinâmica):**

Segundo Young (2008), a **Segunda lei de Newton** é conhecida como o **Princípio Fundamental da Dinâmica** e mostra que a resultante das forças aplicadas a um ponto material é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida.

$$\vec{F}_r = m\vec{a} \quad (3.20)$$

Onde:

$\vec{F}_r$  é a força resultante, medida em newtons (N),  $N=kg.m/s^2$ ;



$m$  é massa do corpo, medida em quilogramas (kg),

$\vec{a}$  é aceleração, medida em metros por segundo ao quadrado ( $m/s^2$ ).

Ainda relata que a força resultante  $\vec{F}_r$  e a aceleração  $\vec{a}$  sempre apresentam mesma direção e sentido e as intensidades são proporcionais, dependendo apenas da massa.

Jewett e Serway (2011) relata que a segunda lei de Newton não foi escrita dessa forma originalmente, mas sim em termos de uma grandeza física denominada momentum ( $\vec{P}$ ) ou quantidade de movimento. O enunciado original era que a força resultante sobre um corpo é determinada pela variação de seu momentum em relação a um intervalo de tempo.

$$\frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \vec{F}_{res} \quad (3.21)$$

O momentum de um corpo ( $\vec{P}$ ) é ( $\vec{P} = m\vec{v}$ ), sua unidade no S.I. é  $kg.m/s^2$ .

Exemplo:

Segundo o princípio da inércia, um corpo mantém sua velocidade caso não exista força resultante atuando sobre o corpo. Isto significa que, se um corpo está parado, ele permanece parado e se ele está em movimento, continua seu movimento com velocidade constante. Podemos visualizar na figura 5 que a moeda que é atingida pela régua é a única a entrar em movimento, pois não existe força atuando sobre as outras moedas da pilha.



*Figura 5 - A experimentação e o estudo das leis de newton - a torre de moedas, Sara de Oliveira Rodrigues , Weimar Silva Castilho, 2012*

### **3ª Lei de Newton (Princípio da ação e reação)**

Segundo Halliday (2013), toda vez que dois corpos interagem, as forças exercidas são mútuas, tanto “A” exerce força sobre “B” como “B” exerce força sobre “A”. O enunciado da terceira lei diz que:

**A toda ação corresponde uma reação, de mesmo módulo, mesma direção e de sentidos opostos.**

**As forças de ação e reação não se equilibram e não se anulam, pois estão aplicadas em corpos diferentes.**

Exemplo:

Na figura 6 abaixo, vemos uma bexiga cheia de ar que está comprimido. Quando se libera a boca da bexiga, o ar é liberado e a compressão da bexiga empurra o ar para frente e o ar empurra a bexiga para trás, evidenciando assim a terceira Lei de Newton.



Figura 6 - A experimentação e o estudo das leis de newton - bexiga cheia de ar, Sara de Oliveira Rodrigues , Weimar Silva Castilho, 2012

### 3.3.4 Momentum ou Quantidade de Movimento

Segundo Young e Freedman (2008), a quantidade de movimento, que também pode ser chamada de momento linear, resulta no produto da velocidade do corpo por sua massa, formado por um sistema de corpos diversos.

O momento linear de um corpo, que pode ser modelado como uma partícula de massa  $m$  movendo-se com velocidade  $\vec{v}$ , é definido como o produto de massa e da velocidade da partícula,  $\vec{P} \equiv m\vec{v}$ , de acordo com Jewtt e John (2011).

Segundo Halliday (2013), devemos considerar um sistema de  $n$  partículas, cada um com sua massa, velocidade e momento linear. As partículas podem interagir e sofrer o efeito de forças externas. O sistema como um todo possui um momento linear total  $\vec{P}$ , que é definido como a soma vetorial dos momentos lineares das partículas. Assim:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_n \quad (3.22)$$

$$= m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + m_3\vec{v}_3 + \dots + m_n\vec{v}_n \quad (3.23)$$

Assim teremos o momento linear de um sistema de partículas definido por:

$$\vec{P} = M\vec{v}_{CM} \quad (3.24)$$

Onde derivando a equação anterior em relação ao tempo, obteremos:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = M \frac{d\vec{v}_{CM}}{dt} = M\vec{a}_{CM} \quad (3.25)$$

Comparando com as equações é possível escrever a segunda lei de Newton para um sistema de partículas na forma

$$\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{P}}{dt} \quad (3.26)$$

Onde  $\vec{F}_{res}$  é a força externa resultante que age sobre o sistema. Esta equação é a generalização para um sistema de muitas partículas da equação  $\vec{F}_{res} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ , válida para uma partícula isolada. Em palavras, a equação diz que a força externa  $\vec{F}_{res}$ , ao ser aplicada a um sistema de partículas, muda o momento linear  $\vec{P}$  do sistema. Por outro lado, o momento linear só pode ser mudado por uma força externa  $\vec{F}_{res}$ . Se não existe uma força externa,  $\vec{P}$  não pode mudar.

Conforme Young e Freedman (2008), no domínio da mecânica newtoniana, a lei da conservação do momento linear nos permite analisar muitas situações que se tornariam extremamente difíceis se tentássemos usar as leis Newton diretamente. Entre essas situações estão os problemas que envolvem colisões, nos quais durante uma dada colisão os corpos podem produzir uma força de interação mútua durante um intervalo curto de tempo.



Figura 7 - Colisão entre corpos, Física I mecânica. Young e Freedman, 2008

Conforme a figura 7, quando um carro em alta velocidade para repentinamente, o momento linear do motorista sofre variação de um valor alto para zero em um curto intervalo de tempo. Um air bag faz com que o motorista perca momento linear de forma mais gradual do que uma colisão abrupta com o volante, reduzindo a força exercida sobre o motorista bem como a probabilidade de lesão.

### 3.4 Foguetes

Conforme a NASA (2001), o movimento de um foguete é uma aplicação fascinante de vários conceitos estudados na física, tais como as leis de Newton, princípio da quantidade de movimento (momentum) e lançamento de projéteis. A terceira lei de Newton pode ser verificada de forma direta, pois o foguete expelle um jato de gases de sua cauda; eis a força de ação. O jato de gases exerce uma força sobre o foguete, impelindo-o para frente; eis a força de reação. Tais forças são internas ao sistema (foguete + gás) e com isso os gases adquirem uma quantidade de movimento para trás e o foguete adquire outra igual na mesma direção para frente Halliday (2013). A variação da quantidade de movimento (momentum) é uma grandeza de suma importância no estudo do movimento e uma evidência direta disso é o movimento dos foguetes. O aumento da velocidade de um foguete, mesmo na ausência de forças externas, acontece como resultado da ejeção de combustível com velocidade  $\vec{u}$  em relação ao foguete. Basicamente a dinâmica do foguete consiste, no processo de emissão, perder, durante um intervalo extremamente pequeno ( $\Delta t$ ), uma

quantidade de massa ( $\Delta m$ ) (“combustível”). Antes da ejeção, a quantidade de movimento é dada por:

$$\vec{p}_i = m\vec{v} \quad (3.27)$$

Halliday (2013) explica que após a emissão da massa  $\Delta m$  a uma velocidade  $\vec{u}$  em relação ao foguete, a quantidade de movimento do foguete, supondo que a massa seja ejetada na mesma direção de  $\vec{v}$ , porém em sentido oposto.



Figura 8 – Lançamento de foguete. US Navy, O Naval Strike Missile é feito pelo grupo Kongsberg da Noruega. (Foto de Kongsberg) 2018

A quantidade de movimento final do foguete será dada por,

$$\vec{p}_{foguete,f} = (m - \Delta m)(\vec{v} + \Delta\vec{v}) \quad (3.28)$$

e a quantidade de movimento final do combustível ejetado será,

$$\vec{p}_{comb,f} = (\Delta m)(\vec{v} + \vec{u}) \quad (3.29)$$

Portanto, a quantidade de movimento final será dada por:

$$\vec{p}_f = \vec{p}_{foguete,f} + \vec{p}_{comb,f} \quad (3.30)$$

Como a quantidade de movimento é conservada, (quando não existem forças externas atuando no sistema, o vetor momento linear permanece constante). Este resultado simples, porém geral, expressa a lei da conservação do momento linear, temos:

$$\vec{p}_i = \vec{p}_f \quad (3.31)$$

$$m\vec{v} = (m - \Delta m)(\vec{v} + \Delta\vec{v}) + (\Delta m)(\vec{v} + \vec{u})$$

$$m\Delta\vec{v} = -\Delta m\vec{u} \quad (3.32)$$

Os vetores  $m\Delta\vec{v}$  e  $\Delta m\vec{u}$  são vetores opostos com mesmo módulo.

Dividindo ambos os termos por  $\Delta t$  tão pequeno quanto se queira, temos:

$$m \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{-\Delta m}{\Delta t} \vec{u} \quad (3.33)$$

O aumento de velocidade do foguete é dado pela diminuição da massa à taxa de  $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ .

### **3.5 A construção e o uso de foguetes com propulsão à água no ensino de física**

#### **3.5.1 A construção dos foguetes e sua estabilidade**

A construção dos foguetes para experimentação com garrafas de tipo PET pode ser feita através do uso de materiais de simples aquisição, baixo custo e que são descritos no capítulo 4.3, detalhamento da sequência de ensino-aprendizagem significativa, na aula 5, possibilitando de forma interativa a personalização de seu foguete.

Conforme Lima (2009) em sua dissertação, um foguete é considerado estável quando consegue voar em linha reta, sem sair do seu curso e sem girar de modo violento. Essa estabilidade do foguete está ligada a sua construção. Todos os foguetes possuem dois “centros” distintos os quais são de suma importância para estabilidade do seu voo. O primeiro é o centro de massa (ou centro de gravidade). Ele é o ponto sobre o qual o foguete se equilibra. Este é o ponto exato onde toda massa do foguete está equilibrada. É possível determinar o centro de massa do foguete colocando-o sobre uma régua e balançando-o como uma gangorra. Isso significa que metade da sua massa se encontra de um lado e a outra metade encontra-se do outro lado. O outro centro de um foguete é o centro de pressão. Ao contrário do centro de massa, o centro de pressão não está relacionado à massa do foguete. Ele é um ponto baseado na sua área de superfície e não que está dentro dele. Durante o voo, o ar que sai do foguete irá equilibrar metade do foguete de um lado desse ponto e a outra metade do outro lado.

Nogueira, Bezerra e Souza (2009) relatam a importância da posição do centro de pressão e do centro de massa que se dá pelo fato destes pontos serem cruciais

para a estabilidade do vôo do foguete. O centro de massa deve estar o mais próximo possível da parte superior do foguete. Enquanto que o centro de pressão deve estar mais próximo da parte posterior. Isso fará com que ele voe em linha reta em relação ao observador porque a parte mais baixa do foguete, a começar pelo centro de massa e indo para baixo, tem uma área de superfície maior do que a parte de cima que vai do centro de massa até a extremidade superior do foguete. Quando o foguete voa, existe mais pressão devido ao ar na parte de baixo do foguete do que na parte superior. Essa pressão manterá a parte de inferior para baixo e a parte superior para cima. Se o centro de massa e o centro de pressão estiverem localizados num mesmo ponto, nenhuma parte do foguete ficará voltada para cima. Ele ficará instável e irá dar cambalhotas.

### 3.5.2 Os foguetes como ferramentas de aprendizagem de conceitos da física

Conceitos importantes no estudo da aerodinâmica de um foguete são os resultados das quatro forças básicas que atuam sobre ele que são o peso, empuxo, sustentação e arrasto.

A força peso é devido à atração gravitacional da Terra sobre o foguete. Essa força atua em todos os corpos sujeitos ao campo gravitacional terrestre. Ela atua sempre em direção ao centro da Terra, puxando os corpos para baixo. Segundo Serway e Jewett (2014), todos os corpos são atraídos para a Terra, onde a força exercida pela Terra sobre o corpo é a força gravitacional  $\vec{F}_g$ , direcionada ao centro da Terra<sup>2</sup>. O módulo dessa força é chamado de peso  $F_g$  do corpo. Um corpo em queda livre apresenta somente uma força sobre ele, a força gravitacional, portanto a força resultante sobre o corpo nessa situação é somente a força gravitacional  $\sum \vec{F} = \vec{F}_g$ . A força gravitacional afeta o foguete, estando ele em movimento ou parado, pois sempre aponta em direção ao centro da Terra, assim, para que possa voar e se sustentar, precisará de outras forças.

---

<sup>2</sup> Essa afirmação representa um modelo de simplificação, já que ignora que a distribuição de massa da Terra não é perfeitamente esférica.



Segundo Lima (2009), outra força de ação que impulsiona o foguete é a chamada empuxo, que se caracteriza como uma força que um fluido executa sobre um objeto quando há diferença de pressão. A queima do propelente (combustível) provoca um desequilíbrio entre a pressão interna e externa ao foguete, originando a força de empuxo (ação) que traciona o foguete no sentido oposto ao que os gases são expelidos (reação), de acordo com as leis de Newton. É esta força que impulsiona o foguete pelo espaço. A intensidade dessa força depende, dentre outros fatores, da quantidade e da velocidade de escape dos gases. A direção do empuxo é normalmente ao longo do eixo longitudinal do foguete através do centro de gravidade. No caso do nosso foguete, o combustível que vai gerar a força de empuxo será a água pressurizada. A terceira força é chamada sustentação. Ela é criada quando o ar que se move acima de um objeto, como uma pipa ou uma asa de avião, move-se mais rápido do que o ar que se move abaixo dele, fazendo com que a força (pressão de ar) seja menor na parte superior que inferior.

Segundo Oliveira (2010), para um modelo de foguete padrão, o nariz, a fuselagem e as aletas podem se tornar uma fonte de sustentação se a trajetória de voo do foguete estiver em um determinado ângulo, sendo que quanto maior o ângulo de ataque, formado entre o foguete e o fluxo do ar, maior será a força de sustentação. Fluidos que se movem mais rápido exercem menor pressão lateralmente que aqueles que se movem de modo mais lento. Ao fazer com que o ar se mova mais rápido sobre certas superfícies de um foguete, como nas aletas (ou asas, no caso de aviões), a pressão do ar pode ser reduzida nessas superfícies criando a força de sustentação. As aletas são utilizadas nos foguetes para aumentar sua estabilidade durante o voo, devido ao aumento da força de sustentação sobre sua parte traseira. Caso suas aletas sejam móveis, o que é chamado de controle ativo, o foguete pode corrigir qualquer tipo de distúrbio durante o voo, retornando sempre a sua trajetória pré-estabelecida. Quando um corpo sólido (em nosso caso, o foguete) se move por meio de um fluido (gás ou líquido), este resiste ao movimento. O corpo sólido é submetido a uma força aerodinâmica em uma direção oposta ao movimento; essa é a força de arrasto.

Conforme Young e Freedman (2008), a força de arrasto é uma força resistiva como a força de atrito (de deslizamento entre superfícies sólidas). Essa força é

altamente dependente da velocidade. Devido à geometria do foguete, suas diferentes partes geram diferentes forças de arrasto. Uma delas é a fricção entre as moléculas do ar e a superfície sólida do foguete em movimento.

Não está claro o papel dessa análise. Da maneira como se encontra é apenas um conjunto de informações soltas e sua conexão com a presente proposta não fica estabelecida. Corrigir isso.

## 4 CONTEXTO METODOLÓGICO

Este trabalho aborda e propõe uma sequência e estratégia pedagógica para a promoção da aprendizagem significativa para estudantes do ensino médio, desenvolvida durante a construção e a interação com a atividade experimental de lançamento de foguetes.

O produto educacional foi aplicado pelo Prof. Alexandre Gatelli Bastos, que começou sua paixão pela docência ainda na sua graduação. Sua formação foi na área de tecnologia, no curso Superior em Tecnologia de Processamento de Dados, na ULBRA – Universidade Luterana do Brasil, campus Torres-RS em 1998. Antes da formatura, seu primeiro contato com a docência foi na Escola Padre Mendonça, em Terra de Areia - RS, de 1997 a 2001 onde ingressou como professor de informática atendendo a todas as turmas da escola, da educação infantil aos cursos técnicos de magistério e contabilidade, passando pelo fundamental e médio. Obteve uma excelente experiência, pois colocou-se a prova de fogo, uma vez que atendia a faixas etárias totalmente diferentes. A partir do ano de 2000, foi convidado pela diretora do Instituto Estadual Riachuelo a lecionar a disciplina de física, pois na época não havia a exigência para contratação pelo Estado pela licenciatura na área e como havia uma carência muito grande de profissionais habilitados, os formados nas áreas afins, como em tecnologia e engenharias eram admitidos. Após processo seletivo para o contrato, ingressou no segundo semestre de 2000 lecionando física para o ensino médio. Teve um grande desafio, pois não era sua área de formação, mas lhe proporcionou um excelente aprendizado. Sua formação pedagógica ainda era uma necessidade, embora a experiência prática de docência lhe tenha tornado um professor. Em 2005 ingressou na pós-graduação em Psicopedagogia pela Universidade Castelo Branco-RJ o que lhe oportunizou uma visão pedagógica institucional, possibilitando uma melhor vivência didática. Em 2006, ainda no Instituto Estadual Riachuelo, juntamente com professores, realizou-se uma pesquisa de mercado e ingressaram com o pedido de criação do curso técnico de informática, onde pode trazer sua experiência como professor do curso de contabilidade para o curso. Em 2010 ingressou como professor na Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, campus de Torres, onde fui contratado para ser o coordenador do Ensino a Distância e professor dos cursos de Bacharel em Sistema de Informação e Superior em Tecnologia de Análise e Desenvolvimento de

Sistemas. Com experiência em hardware, ministrou a disciplina de Arquitetura de Computadores, Sistemas Operacionais, Interface Homem-Computador, Paradigmas de Programação, Tecnologia e Negócios na Internet, Algoritmos e Análise Organizacional. Lecionou ainda no Instituto de Educação Divina Providência, em Capão da Canoa em 2002 e 2003 e na Escola Cenecista, em Torres, ambas como professor dos cursos técnicos de informática. Participou como instrutor do SENAC com o curso Aprender a Empreender e na universidade participou como avaliador em diversas bancas de conclusão de curso. Sua trajetória profissional sempre esteve ligada a educação, embora sua formação não tenha sido em licenciatura, apaixonou-se pela profissão de professor.

O produto educacional foi aplicado no primeiro semestre de 2019 no Instituto Estadual Riachuelo, uma das maiores instituições de ensino no litoral norte do Rio Grande do Sul, situado no município de Capão da Canoa com mil quinhentos e oitenta e três alunos, distribuídos nos três turnos, com ensino fundamental, médio e profissional em contabilidade, edificações e informática.

O Instituto Estadual Riachuelo fundamenta sua filosofia nos princípios de democratização da gestão, como direito de todos à educação, representando a garantia do acesso à escola, ao conhecimento com qualidade, da permanência com aprendizagem, do contato com o patrimônio cultural, do acesso à cidadania e a inclusão social.

O Instituto busca em seus processos educativos a realização de vivências, a partir das diversas realidades da comunidade, refletindo suas culturas e seus valores. Vivenciando experiências coletivas, estimulando o crescimento pessoal contribuindo para a educação de um ser humano ético, crítico e com conhecimentos científicos.

As aulas foram distribuídas e organizadas conforme as estratégias didáticas descritas no item 4.2.

Este produto educacional tem por objetivo a utilização na disciplina de física no ensino médio, contextualizando de forma experimental a construção e lançamento de foguetes de garrafas PET, buscando despertar o interesse científico em um relacionamento prazeroso com a disciplina. O produto educacional foi

aplicando com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio do Instituto Estadual Riachuelo, na cidade de Capão da Canoa – RS, em outubro de 2019.

O estudo de foguetes de água com garrafas PET permite a investigação, problematização e o estudo dos fenômenos físicos relacionados ao lançamento oblíquo, através da experimentação em uma sequência didática significativa, para facilitar e melhorar as aprendizagens dos conceitos de Dinâmica e os estudos dos fenômenos (resistência dos materiais, forças, momento de inércia, Leis de Newton, impulso, pressão, centro de massa, leis do movimento, velocidade relativa, balística), Astronomia (gravitação, mecânica orbital).

A turma onde foi aplicado o produto educacional possui trinta e seis alunos, do primeiro ano do ensino médio. Foram propostas cinco aulas de dois períodos, e cada período com duração de cinquenta minutos, no decorrer de duas semanas, totalizando dez períodos. A possibilidade da discussão a partir da experimentação dos conceitos e grandezas de Mecânica, foi um dos resultados da pesquisa, pois quando estes conceitos são ministrados exclusivamente em sala de aula de forma expositiva pelo professor, parecem não despertar o interesse dos estudantes. Além deste aspecto, também foram identificadas melhorias na compreensão das temáticas desenvolvidas durante a sequência de ensino-aprendizagem.

#### **4.1 Material e confecção do produto**

A organização das etapas de construção do foguete, as explicações, o passo a passo da montagem e os materiais a serem utilizados, serão descritos neste capítulo.

As fotos dos materiais, da montagem passo a passo (as etapas), do foguete pronto e do foguete em ação, também serão apresentadas neste capítulo.

#### **4.2 Proposta metodológica da sequência de ensino-aprendizagem significativa**

ESQUEMA GERAL DA SEQUÊNCIA, RELACIONADA AOS FENÔMENOS FÍSICOS NA PROPULSÃO DE UM FOGUETE

1. Investigação das concepções prévias relacionadas ao fenômeno da física observadas no cotidiano e que serão estudadas nesta unidade de aprendizagem.
2. Demonstração experimental da propulsão do foguete: observação desta propulsão com questionamentos a serem relacionados à prática e com as concepções prévias.
3. Debate das hipóteses que foram elaboradas a partir das observações e questionamentos sobre o fenômeno da experimentação (propulsão do foguete), e de situações do cotidiano.
4. Organizadores prévios - fundamentação teórica (conceitos) sobre o fenômeno observado e novos questionamentos para explicar este fenômeno (anexos e/ou link).
5. Problematizações relacionadas aos materiais instrucionais teóricos (elaboração de perguntas) e com a simulação proposta no software.
6. Construção de foguetes em grupos, experimentação da propulsão dos foguetes a partir das variáveis propostas (inclinação, volume de combustível/água...), observação dos fenômenos, coleta de dados e formulação de hipóteses.
7. Discussão dos resultados, proposição de comparações entre as respostas e produção de novas hipóteses e considerações.

#### **4.3 Detalhamento da sequência de ensino-aprendizagem significativa**

**AULA 1:** Identificação dos conhecimentos prévios

**Carga horária:** 2 horas-aula

**Objetivo:**

- Identificar os conhecimentos prévios dos alunos da turma sobre movimento retilíneo uniforme, movimento retilíneo uniformemente variado, lançamento oblíquo e queda livre;

**1ª AULA:** Identificar os subsunçores relacionados a conceitos de física Dinâmica e os estudos dos fenômenos (resistência dos materiais, forças, momento de inércia, Leis de Newton, impulso, pressão, centro de massa, leis do movimento,

velocidade relativa, balística), Astronomia (gravitação, mecânica orbital), através da observação do lançamento do foguete.

### **Problematização - investigação das concepções prévias**

- Os alunos irão responder um questionário elaborado anteriormente para investigação dos conhecimentos prévios relacionados aos conceitos físicos e aos conceitos do cotidiano relacionados ao fenômeno que será observado na experimentação.
- Na sequência serão realizadas observações do “lançamento do foguete de propulsão à água” através de vários lançamentos em um foguete já confeccionado, onde serão propostas variações na quantidade de água (combustível) para problematizar e investigar conceitos relacionados à cinemática (força, velocidade, aceleração, tempo, impulso, movimento de inércia, pressão, gravitação, resistência de materiais, leis de Newton). Durante a experiência de propulsão, o professor questionará os alunos com perguntas relacionadas ao fenômeno FÍSICO OBSERVADO e aos conceitos de física, E AS CONCEPÇÕES PRÉVIAS RELACIONADAS AO COTIDIANO. As perguntas podem ser elaboradas no momento e após os lançamentos.

**QUESTIONÁRIO:****Questão 1:**

Atirando qualquer objeto para cima em um movimento vertical, esse objeto moverá para cima e em determinado momento vai cair. Nessa altura, como seria sua velocidade? (aumenta, diminui ou permanece zero)

---

---

---

---

---

---

---

**Questão 2:**

Um jogador de basquete arremessa uma bola para a cesta, qual a trajetória que você considera que terá maior êxito em fazer o ponto? Faça um desenho para ajudar a explicar.

---

---

---

---

---

---

---

**AULA 2:** Análise do movimento oblíquo através da observação do lançamento de foguetes (2 períodos).

**Carga horária:** 2 horas-aula



**Objetivos:**

- Analisar lançamento de projéteis através da observação do lançamento de foguetes;
- Compreender os conceitos de lançamento oblíquo por experimentos.

**Recursos didáticos:**

- Foguete e base de lançamento confeccionada pelo professor
- Caderno de anotações
- Telefone celular para realizar gravação

**Metodologia:**

Utilizando a observação do lançamento com as variáveis volume de água e inclinação de foguetes, os alunos farão anotações dos dados coletados da experimentação, como por exemplo, pressão de ar, distância percorrida pelo foguete, tempo de voo, além de filmagens para comparação com o software projectile motion (anexo 1), que será utilizado na aula 4 (o anexo conterá uma imagem da apresentação do software). .

**AULA 3: Estudo do Movimento balístico e lançamento de projéteis, queda livre e lançamento**

**Carga horária:** 2 horas-aula

**Objetivos:**

- Investigar e problematizar através de organizadores prévios propostos pelo professor, alguns conceitos relacionados ao fenômeno observado na aula experimental (aula 2).
- Estudar o movimento de um corpo em queda livre;

- Compreender que para o lançamentos de projétil existem dois movimentos envolvidos, lançamento horizontal e lançamento vertical;
- Analisar os componentes envolvidos no lançamento horizontal e vertical;
- Aprofundar os conceitos sobre movimento balístico e lançamento de projéteis.
- Compreender sobre o ângulo de lançamento e a distância obtida ao final do movimento;
- Perceber a influência da resistência do ar no lançamento de projéteis.

**Recursos didáticos:**

- Organizadores prévios e materiais instrucionais (textos, links, filmes).
- Folhas de papel a4
- Um caderno
- Data show
- Problemas sobre queda livre, lançamento vertical, horizontal
- Problemas sobre lançamento oblíquo

**Metodologia:**

Apresentação e debate dos materiais teóricos potencialmente significativos, para articulação da prática com a teoria.

**AULA 4: Instrumentalizando o uso do “Projectile Motion”: Analisando o lançamento de projéteis**

**Carga horária:** 2 horas-aula

**Objetivos:**

- Analisar e calcular lançamento de projéteis através do uso dos softwares de lançamento de foguetes;
- Compreender os conceitos de lançamento oblíquo por experimentos.

**Metodologia:**

Utilizando o simulador “*Projectile Motion (HTML5)*” os alunos se reunirão em grupos de 4 a 5 pessoas e farão lançamentos em  $25^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $65^\circ$  e  $80^\circ$ , com a mesma velocidade, elaborando uma tabela de dados, na qual deverão anotar a velocidade, distância e o tempo. Serão discutidas com os alunos questões relacionadas ao tema, onde serão elaboradas novas hipóteses/respostas.

**AULA 5: APRESENTAÇÃO DOS FOGUETES CONSTRUÍDOS PELOS ALUNOS, TESTANDO OS CÁLCULOS E SIMULAÇÕES VIRTUAIS**

**Carga horária:** 2 horas-aula

**Objetivos:**

- Analisar e calcular lançamento dos foguetes construídos, comparando e problematizando com o que foi identificado na simulação virtual
- Compreender e explicar os conceitos de lançamento oblíquo por experimentos.

**Metodologia:**

A partir dos cálculos e simulações virtuais da aula anterior, os alunos apresentarão seus foguetes e colocarão na prática aquilo que foi virtualizado a partir do software “*projectile motion (html5)*”. Serão propostos momentos para debate e discussão de ideias e formulação de novas hipóteses.

## **Passo a passo para a construção de uma plataforma de lançamento de foguetes**

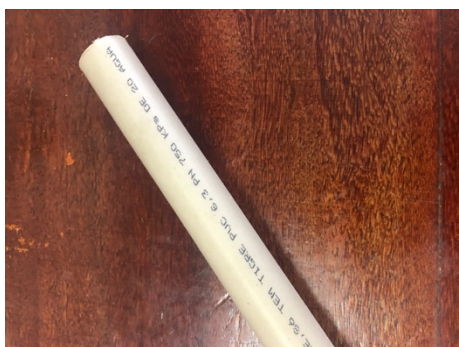
### **Materiais:**

- 1 pedaço de madeira de 80cm x 15cm (poderá ser madeira de demolição, pinus, MDF...)
- 1 pedaço de madeira de 50cm x 15cm (poderá ser madeira de demolição, pinus, MDF...)
- 1 pedaço 50 cm de cano de PVC de 50mm
- 1 pedaço 8 cm de cano de PVC de 40mm
- 1 pedaço 15 cm de cano de PVC de 20mm
- 1 pedaço 10 cm de cano de PVC de 20mm
- 1 redução de PVC de 50mm x 20mm
- 1 luva de PVC de 50mm
- 1 Cap (tampão) de PVC de 50mm
- 1 abraçadeira de metal
- 1 dobradiça
- 1 broca de 6mm para madeira
- 1 broca de 15mm para furar o cap
- Parafusos para a dobradiça
- 1 transferidor escolar
- 1 tubo de cola de cano PVC
- 1 ventil de pneu de automóvel
- Braçadeiras de nylon
- 1 O-ring para vedação
- 1 folha de lixa para cano de PVC
- Pistola e bastão de cola quente
- 50cm de barbante

**Imagem dos materiais utilizados para a construção de uma plataforma de lançamento de foguetes**



*Figura 9 - Cano de PVC de 50mm*



*Figura 10 - Cano de PVC de 20mm*



*Figura 11 - Redução de PVC de 50mm x 20mm*



*Figura 12 - Luva de PVC de 50mm*



*Figura 13 - Cap de PVC de 50mm*



*Figura 14 - Dobradiça*



Figura 15 - Broca de 6mm para madeira



Figura 18 - Cola de cano PVC



Figura 16 - Parafusos para dobradiça



Figura 19 - Braçadeiras de nylon

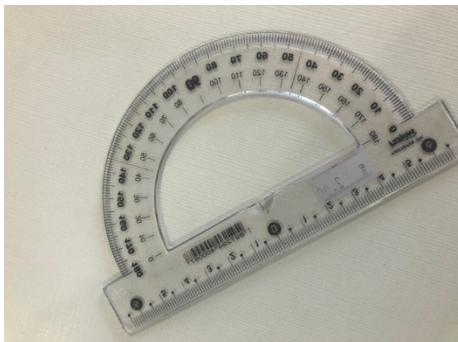


Figura 17 - Transferidor

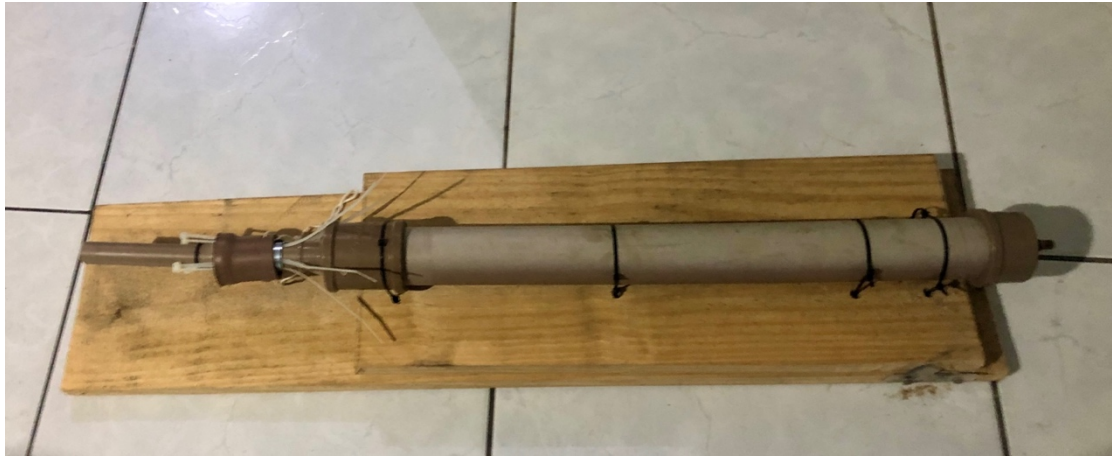


Figura 20 - Barbante

### Passo a passo para a construção

1. Na construção do lançador de foguetes, utilize a lixa para lixar tanto as extremidades dos tubos de canos, quanto as conexões por dentro, para quando for colar, ter mais aderência.
2. Após feito o preparo, com a broca de 15mm faça um furo no centro do Cap para fixação do ventil de pneu do carro
3. Fixe o ventil usando a cola de cano pvc.

4. Deixe secar por aproximadamente 3h e cole na extremidade do cano de pvc de 50mm;
5. Na outra extremidade do cano fixe a luva de 50mm com a cola de cano pvc;
6. Na outra extremidade da luva de 50mm, fixe a redução de 50mm para 20mm com a cola de cano pvc;
7. Na outra extremidade da redução, fixe o cano de 10cm pvc de 20mm;
8. Aqueça em uma chama de fogão o cano de 15cm pvc de 20mm até que ele fique maleável a ponto de criar uma bolsa para fixar no outro cano de pvc de 20mm anterior
9. Coloque no último cano fixado o anel de o-ring inserindo até que chegue na junção dos dois canos.
10. Pegue as duas tábuas de madeira e fixe a dobradiça para que elas estejam unidas pela extremidade
11. Na tábua menor, faça seis furos com a broca de 6mm para madeira para que seja fixado o lançador a base de lançamento e fixe o lançador com as presilhas de nylon;
12. Na extremidade das tábuas que foram unidas pela dobradiça, cole com cola quente o transferidor na lateral para que se possa observar o ângulo de lançamento.
13. Usando a abraçadeira de metal, fixe as presilhas de nylon de forma que elas sirvam de gatilho para o lançamento
14. No pedaço de cano de 8cm de pvc de 40mm, faça uma bolsa em sua extremidade e dois furos utilizando um prego aquecido, em seguida coloque 25 cm de barbante em cada furo para que seja utilizado como gatilho do lançador.



*Figura 21 - Base do foguete montada*

### **Passo a passo para a construção do foguete**

#### **Materiais:**

- 2 garrafas de 500ml de plástico (água mineral)
- 1 pasta de plástico
- 1 rolo de fita adesiva larga
- 1 caixa de massa de modelar
- 1 estilete
- 1 tubo de cola escolar branca
- 1 tubo de cola instantânea

### **Imagem dos materiais utilizados para a construção do foguete**



*Figura 22 - Garrafa de 500ml de plástico*



*Figura 23 - Pasta de plástico*





Figura 24 - Fita adesiva larga



Figura 27 - Cola escolar branca



Figura 25 - Massa de modelar



Figura 26 - Estilete



Figura 28 - Cola instantânea

## Passo a passo para a construção

1. Corte uma das garrafas ao meio;
2. Com a massa de modelar, faça uma mistura da massa e aproximadamente 30g de cola branca, faça uma bola e insira na extremidade da garrafa cortada que

- tem o gargalo (deixe-a tampada);
3. Retire o fundo apenas da outra metade da garrafa;
  4. Com a outra garrafa una as duas de forma que o fundo da segunda garrafa esteja em contato com a mistura de massa de modelar e cola que está na primeira garrafa;
  5. A segunda metade da garrafa conecte na outra extremidade;
  6. Faça a fixação utilizando a fita adesiva larga
  7. Com a pasta de plástico, corte quatro asas para serem coladas ao fundo, para que o foguete possa ter seu direcionamento
  8. Faça um cone com o pedaço da pasta de plástico para que seja utilizado na extremidade do foguete onde tem a massa de modelar, para que tenha uma aerodinâmica;



*Figura 29 – Foguete*



*Figura 30 - Foguete na base de lançamento*

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão apresentados tanto a análise quanto os resultados obtidos depois da implementação do produto educacional, bem como, serão realizadas algumas discussões de acordo com os dados obtidos a partir dos questionários realizados pelos estudantes.

### RESULTADOS

Previamente ao início da implementação do produto educacional, foi realizada, na turma, uma proposta de sensibilização e motivação com os alunos para engajamento no projeto. Foi solicitado que pesquisassem na internet sobre o assunto, com isso houve uma maior motivação.

No início do ano constatou-se que a turma que participaria do projeto era heterogênea, de alunos provindos de diferentes realidades, na grande maioria de escolas municipais e alguns de escolas particulares. Os alunos das escolas municipais têm uma realidade onde não há a disciplina de física no currículo, a secretaria de educação do município não contrata professores de física, somente de ciências biológicas. Mesmo contendo currículo para lecionarem na área de física, os professores, por não terem aderência a disciplina, acabam trabalhando temas complementares. Em Souza e Amauro (2016), citam Carvalho e Gil-Pérez (2001), que fala que o conhecimento científico é apresentado aos estudantes de uma forma conteudista e expositiva, na qual existem poucos espaços para discussões acerca de seus fenômenos. Assim, a busca por metodologias no ensino de Ciências tem sido um campo de investigação, o qual prima pela superação de um modelo pedagógico voltado para a memorização de regras, nomes e fórmulas.

Desta forma tivemos que começar os conteúdos com notação científica, passando às grandezas físicas para depois entrar na cinemática. Há um grande déficit de conhecimento lógico matemático e interpretação, além da dificuldade em realizar cálculos onde os alunos não conseguem interpretar um problema simples que tenha uma equação de primeiro grau.

Passada essa primeira fase da adaptação, foi iniciado o conteúdo de movimento uniforme, onde se usou as equações simples de movimento, sem variação de velocidade. Constatou-se que mesmo uma equação simples de três termos ainda

era de difícil compreensão dos alunos. Como forma de contextualizar melhor, em uma das aulas fomos todos para a frente da escola, medimos com uma trena a quadra e começamos a avaliar o tempo que cada veículo levava para completar o percurso. Analisamos carros, motos, ciclistas e pedestres. Com esses dados, voltamos para sala de aula para calcular a velocidade média de cada móvel. Amaral e Guerra (2012), colocam que o desenvolvimento de projetos escolares fornece subsídios para uma pedagogia dinâmica, centrada na criatividade e com o foco na aprendizagem dos educandos.

A contextualização do movimento abriu novos horizontes para a turma. Os alunos começaram a entender o que estava sendo calculado e contribuiu para que pudéssemos evoluir no conteúdo do movimento. Na sequência, entramos no movimento uniformemente variado, com a aceleração e variação de velocidade. Outra barreira foi a dificuldade matemática da turma. As fórmulas eram mais complexas e uma equação de segundo grau gerava muita reclamação. A aplicação do produto educacional com orientação num processo de aprendizagem significativa foi importante nesse sentido, pois possibilitava novamente uma oportunidade de contextualizar o movimento que era proposto, pois para Ausubel, Novak, Hanesian (1980) existem três condições básicas necessárias para que possa haver um processo de aprendizagem significativa.

A primeira diz respeito ao significado lógico do novo material cuja estrutura interna não deve ser arbitrária e nem confusa para facilitar o estabelecimento de relações com os conhecimentos prévios dos estudantes;

A segunda condição se refere à presença na estrutura cognitiva do aprendiz de conhecimentos prévios pertinentes e ativados que possam ser relacionados com o material a ser aprendido;

A terceira condição tem como foco a disposição favorável do estudante para aprender de maneira significativa.

A prática pedagógica por meio do desenvolvimento de projetos propicia a troca de informações entre professor-aluno e aluno-aluno, segundo Almeida (1999). Na aplicação do produto educacional, foi realizado na primeira aula um debate para apresentação e identificação dos conhecimentos prévios. Anteriormente, os alunos participaram de uma atividade relacionada a um projeto de Astronomia, em parceria com o IF Osório, sendo que este momento foi utilizado como organizador prévio. A palestra foi ministrada pelo prof. Alessandro Bucussi, com duração de 1h 20min

abordando tópicos de astrofísica, física e química. Nela foi apresentada uma narrativa moderna sobre a origem do Universo, das estrelas, dos elementos químicos, das galáxias e dos sistemas planetários, uma narrativa apresentando a formação da Terra, a origem da vida e sua evolução até o surgimento dos homínídeos. Foram reservados 20min para perguntas e comentários, que produziu muito interesse dos alunos na disciplina de física. Ainda na primeira aula, identificou-se os conhecimentos prévios dos alunos da turma sobre movimento retilíneo uniforme, movimento retilíneo uniformemente variado, lançamento oblíquo e queda livre, mostrando suas dificuldades principalmente na interpretação dos exercícios propostos a serem resolvidos. Eles responderam um questionário individual elaborado anteriormente (em anexo), para investigação dos conhecimentos prévios relacionados aos conceitos físicos e aos conceitos do cotidiano relacionados ao fenômeno que será observado na experimentação. Após, foi realizado um debate para explicitar esses conhecimentos.

Na aula seguinte, o professor levou os alunos para o pátio da escola e demonstrou o lançamento do foguete, necessitando apenas das anotações dos dados e filmagens do evento. Utilizando a observação do lançamento com as variáveis volume de água e inclinação de foguetes, os alunos fizeram anotações dos dados coletados da experimentação, como por exemplo, pressão de ar, distância percorrida pelo foguete, tempo de voo, além de filmagens para comparação com o software projectile motion (anexo 1), que seria utilizado na aula 4 (o anexo conterá uma imagem da apresentação do software). Foram propostas as questões-problema, para promover a relação entre a prática e a teoria que estavam construindo. Nessa aula teve a presença da professora orientadora Karen. A turma interagiu e os dados coletados foram as distâncias percorridas pelo foguete num ângulo de em 25°, 45°, 65° e 80°, as mesmas pressões exercidas com o compressor de ar no foguete (40 bar), conforme a tabela:

<b>Ângulo</b>	<b>Distância</b>
<b>25°</b>	≅ 24,5 m
<b>45°</b>	≅ 31,0 m
<b>65°</b>	≅ 27,0 m
<b>80°</b>	≅ 10,3 m

As questões investigadas foram: quais fatores fazem com que o foguete tenha mais propulsão? Qual ângulo o foguete alcança maior distância? As respostas coletadas foram entregues para o professor que utilizou em uma próxima aula quando foram feitos os cálculos para demonstrar a aplicação.

Na aula três, foi realizado um estudo do movimento balístico e lançamento de projéteis, queda livre e lançamento, com o objetivo de investigar e problematizar através de organizadores prévios propostos pelo professor, alguns conceitos relacionados ao fenômeno observado na aula experimental (aula 2), estudar o movimento de um corpo em queda livre; compreender que para o lançamento de projétil existem dois movimentos envolvidos, lançamento horizontal e lançamento vertical, analisar os componentes envolvidos no lançamento horizontal e vertical, aprofundar os conceitos sobre movimento balístico e lançamento de projéteis, compreender sobre o ângulo de lançamento e a distância obtida ao final do movimento e perceber a influência da resistência do ar no lançamento de projéteis, apresentados no referencial teórico no capítulo 3.3.1, movimento de projéteis ou lançamento balístico. Foram apresentados e debatidos os materiais teóricos potencialmente significativos, para articular a prática com a teoria. Etapa da diferenciação progressiva de conceitos buscando um “tencionamento” da reconciliação integrativa.

Na quarta aula, os alunos foram para o laboratório de informática usando os computadores da escola e seus smartphones. A proposta foi a instrumentalização com o uso do “Projectile Motion”, um software que funciona no browser que simula e analisa o lançamento de projéteis e construção dos foguetes pelos estudantes, compreendendo os conceitos de lançamento oblíquo por experimentos. Com os alunos utilizando o simulador “Projectile Motion (HTML5)” se reuniram em grupos de 4 a 5 pessoas e a partir da simulação virtual foram lançamentos em  $25^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $65^\circ$  e  $80^\circ$ , com a mesma velocidade, elaborando uma tabela de dados, na qual deveriam anotar a velocidade, distância e o tempo, onde foram discutidas com as questões relacionadas ao tema, onde foram elaboradas novas hipóteses/respostas. As questões foram: Quais diferenças houve entre os modelos propostos virtualmente pelo aplicativo e a experiência prática? Quais fatores influenciaram para haver essas diferenças? Na prática, o simulador virtual mostrou-se com resultados muito próximos das experiências que os alunos tiveram com o foguete desenvolvido pelo professor,

uma vez que os ângulos foram os mesmos e que se buscou fazer com que a velocidade inicial fosse a mesma

Na última aula, foi realizada a apresentação dos foguetes construídos pelos alunos, testando os cálculos e simulações virtuais com seus próprios foguetes. Assim, analisou-se e calculou-se o lançamento dos foguetes construídos, comparando e problematizando com o que foi identificado na simulação virtual. Esse momento foi de descontração e por final ainda foi realizado um campeonato para verificar qual foguete atingia uma distância maior, com a mesma pressão em todos. Pode-se constatar que as aerodinâmicas de alguns foguetes fizeram a diferença, propondo assim uma discussão futura.

Segundo Costa (2015), as atividades de diagnóstico, com relação ao que o aluno já sabe, devem levar em consideração alguns fatores importantes, como as experiências vividas e as influências dos ambientes familiar e sócio cultural em que estão inseridos. Tais circunstâncias exercem papel preponderante no sentido de ser um elemento facilitador, ou não, da aprendizagem. Essa condição do educando leva o educador a uma necessidade de conhecer o seu alunado e responder questões como: o que sabem os alunos em relação ao que quero ensinar? Que experiências tiveram? O que são capazes de aprender? Quais são seus interesses? Quais são seus estilos de aprendizagem?

Abaixo seguem as respostas dos questionários dos conhecimentos prévios. Foram analisadas as atividades de ensino (questionários; roteiros de aula prática) considerando o critério da frequência nas aulas (70% a 100%), pois segundo Vergnaud (1998), o processo para compreender os conceitos não é trivial e demanda um longo período de tempo. A escolha foi aleatória, sendo determinadas duas atividades (que corresponde a dois estudantes), para serem investigadas as aprendizagens, considerando o problema e objetivos da pesquisa, totalizando seis atividades de ensino (duas atividades da aula 1; duas atividades da aula 2 e duas atividades da aula 4). A aula 3 não produziu resultados de pesquisa porque foi uma aula expositiva dialogada.

**Atividades da aula 1:**

Questões envolvidas na atividade 1

1. Atirando qualquer objeto para cima em um movimento vertical, esse objeto moverá para cima e em determinado momento vai cair. Nessa altura, como seria sua velocidade? (aumenta, diminui ou permanece zero).
2. Um jogador de basquete arremessa uma bola para a cesta, qual a trajetória que você considera que terá maior êxito em fazer o ponto. Faça um desenho para ajudar a explicar.

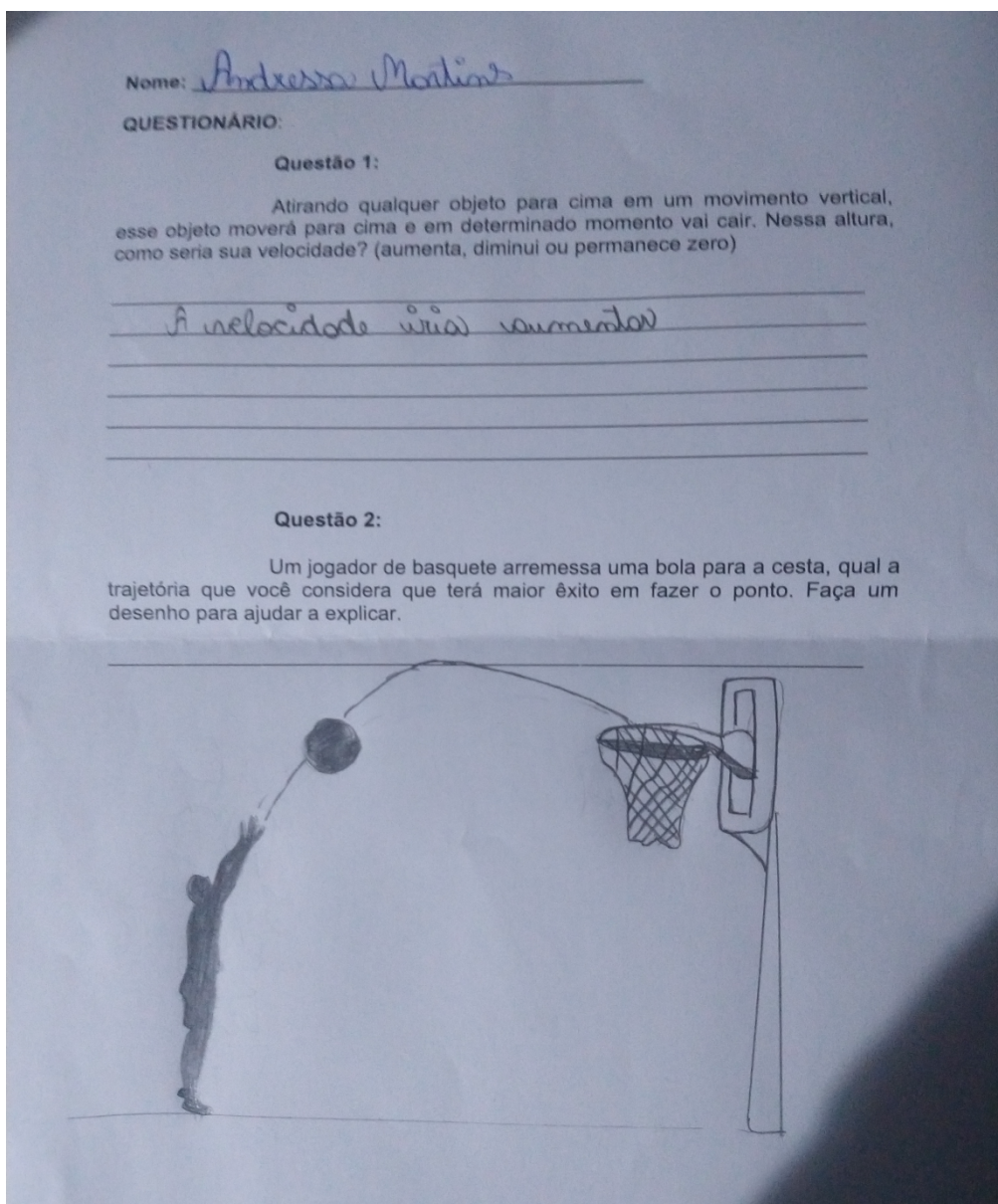


Figura 31 - Atividade aula 1 - aluno 1



Nome: Bernardo Alves

QUESTIONÁRIO:

Questão 1:

Atirando qualquer objeto para cima em um movimento vertical, esse objeto moverá para cima e em determinado momento vai cair. Nessa altura, como seria sua velocidade? (aumenta, diminui ou permanece zero)

No momento em que parar de subir sua velocidade será 0 e gradualmente irá aumentar por causa da gravidade

Questão 2:

Um jogador de basquete arremessa uma bola para a cesta, qual trajetória que você considera que terá maior êxito em fazer o ponto. Faça desenho para ajudar a explicar.

Uma trajetória em linha reta

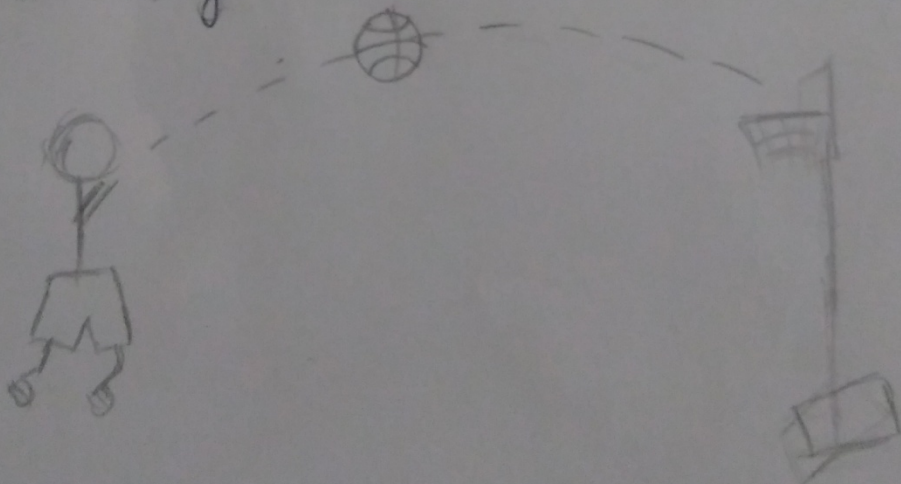


Figura 32 - Atividade aula 1 - aluno 2

A análise das respostas investigou uma concepção previa sobre o movimento, entendendo que o movimento foi regido por uma força externa, da gravidade, que influenciou na velocidade e sentido do movimento. Para Ausubel, o fator isolado que mais influencia as aprendizagens futuras é o conhecimento, por parte dos educadores, daquilo que o estudante já sabe.

“Se tivéssemos que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diríamos o seguinte: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p.137).

Num primeiro momento, na primeira questão, qualquer objeto lançado verticalmente para cima, tem uma força contrária (gravitacional) que fará com que a velocidade diminua aproximadamente 9,8 m/s a cada segundo, até o momento que a força irá fazer o objeto atingir sua altura máxima, parando e mudando o sentido, descendo em direção ao solo, nesse sentido, com uma velocidade aumentando aproximadamente 9,8 m/s a cada segundo influenciado pela mesma ação da gravidade.

Na segunda pergunta, ao solicitar que o aluno faça um desenho demonstrando a melhor trajetória de uma bola de basquete a ser arremessada numa cesta para que se faça o ponto, investiga a concepção previa de um lançamento oblíquo, qual seria o melhor ângulo de lançamento para que a bola chegasse ao seu destino. O aluno teria que entender que o lançamento não poderia ser uma linha reta até a cesta, pois a ação da gravidade faria com que a bola chegasse abaixo da linha da cesta, pois levaria para baixo, assim precisa que ela seja lançada num ângulo maior que o previsto para chegar a cesta, para que seja compensada a trajetória em direção a cesta.

Nas respostas da aluna na figura 31, na primeira questão ela entendeu o movimento apenas pela descida, respondendo que a velocidade aumentaria. Na resposta da segunda questão da mesma figura, de uma forma bem clara ela identificou que o movimento tem que ser oblíquo, lançando num ângulo acima da cesta e a bola fazendo uma trajetória para baixo.

Na resposta do aluno na figura 32, na primeira questão ele entendeu que o objeto lançado pararia, chegando a uma velocidade igual a zero e a partir daí aumentaria sua velocidade em direção ao sol. Na resposta da segunda questão da

mesma figura, ele compensou um ângulo menor que a aluna referiu na análise anterior, demonstrando que o atleta que lançou a bola está dando um salto, fazendo com que estivesse na mesma linha da cesta, mas mesmo assim, num ângulo menor, o lançamento foi oblíquo para cima. Só que a confusão foi na sua explicação da ilustração que ele colocou em linha reta, um conceito que irá aprimorar no decorrer das aulas.

**Atividades da aula 3:**

Questões envolvidas na atividade 3

1. Quais fatores fazem com que o foguete tenha mais propulsão?
2. Qual ângulo o foguete alcança maior distância?

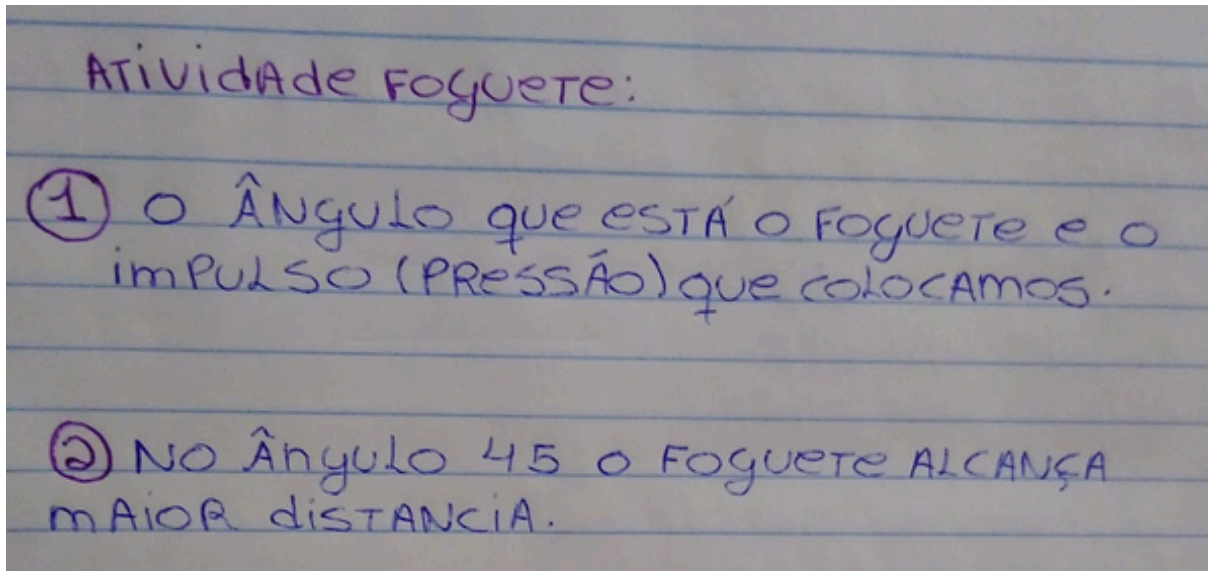


Figura 34 - Atividade aula 3 - aluno 1

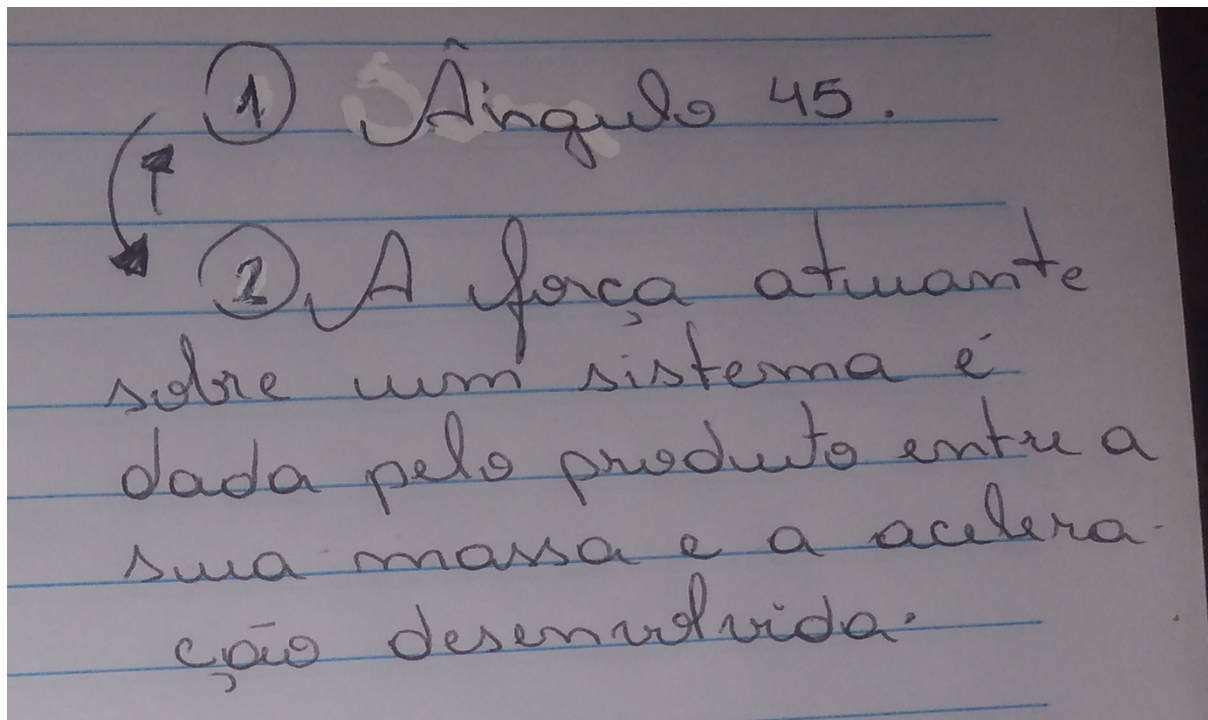


Figura 35 - Atividade aula 3 - aluno 2

Moreira (2003, p. 14) diz que “[...] o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender e os materiais educativos devem ser potencialmente significativos”. Assim, a análise das respostas investigam o questionário da aula 3 buscando uma concepção dos conhecimentos para investigar e problematizar através de organizadores prévios propostos pelo professor, alguns conceitos relacionados ao fenômeno observado na aula experimental (aula 2): estudar o movimento de um corpo em queda livre, compreender que para o lançamentos de projétil existem dois movimentos envolvidos, lançamento horizontal e lançamento vertical, analisar os componentes envolvidos no lançamento horizontal e vertical, aprofundar os conceitos sobre movimento balístico e lançamento de projéteis, compreender sobre o ângulo de lançamento e a distância obtida ao final do movimento e perceber a influência da resistência do ar no lançamento de projéteis. Apresentar e debater materiais teóricos potencialmente significativos, para articular a prática com a teoria. Para Leite (2007) ao participar de um projeto o estudante inicia o processo de elaboração do conhecimento mediante práticas vivenciadas por ele.

Na primeira pergunta, o objetivo era o entendimento da propulsão, onde vários fatores influenciavam, como a pressão exercida da água e do ar comprimido dentro do foguete, a aerodinâmica em sua construção, assim como o ângulo de inclinação e a ação da gravidade, que remetia a resposta da segunda questão.

Segundo Halliday (2013), o alcance horizontal  $R$  de um projétil é a distância horizontal percorrida pelo projétil até voltar à altura inicial (altura de lançamento). Assim, os lançamentos foram realizados nos ângulos de  $25^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  e  $80^\circ$  com o intuito de mostrar como os diferentes ângulos influenciam no alcance. Com isso verificamos experimentalmente, que o alcance máximo acontece para o ângulo de  $45^\circ$ , algo que pode ser deduzido diretamente da Eq. (3.19) para  $R$ . Os estudantes viam que o foguete ia mais longe quando ajustávamos  $\theta = 45^\circ$ .

Nas respostas do aluno, representadas na figura 33, ele entendeu que é necessária uma propulsão para o lançamento do foguete, conseguiu verificar que o ângulo de 45 graus é o mais favorável para alcançar maior distância, mas fica visível pela resposta que o conhecimento sobre o fenômeno foi baseado no senso comum, nas observações e resultados das experiências da aula 02, de forma coerente, mas que carece um detalhamento maior.

Já nas respostas do aluno, representadas na figura 34, o aluno conseguiu, além de uma forma coerente responder, mostrou que embasou sua resposta nos

organizadores prévios oferecidos pelo professor, contextualizando com o conceito de massa e aceleração.

#### Atividades da aula 4:

Questões envolvidas na atividade 4

1. O modelo apresentado na experiência prática ficou com resultados próximo ao simulador?
2. Qual distância, velocidade e tempo foram apresentados nos lançamentos de  $25^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  e  $80^\circ$ ?

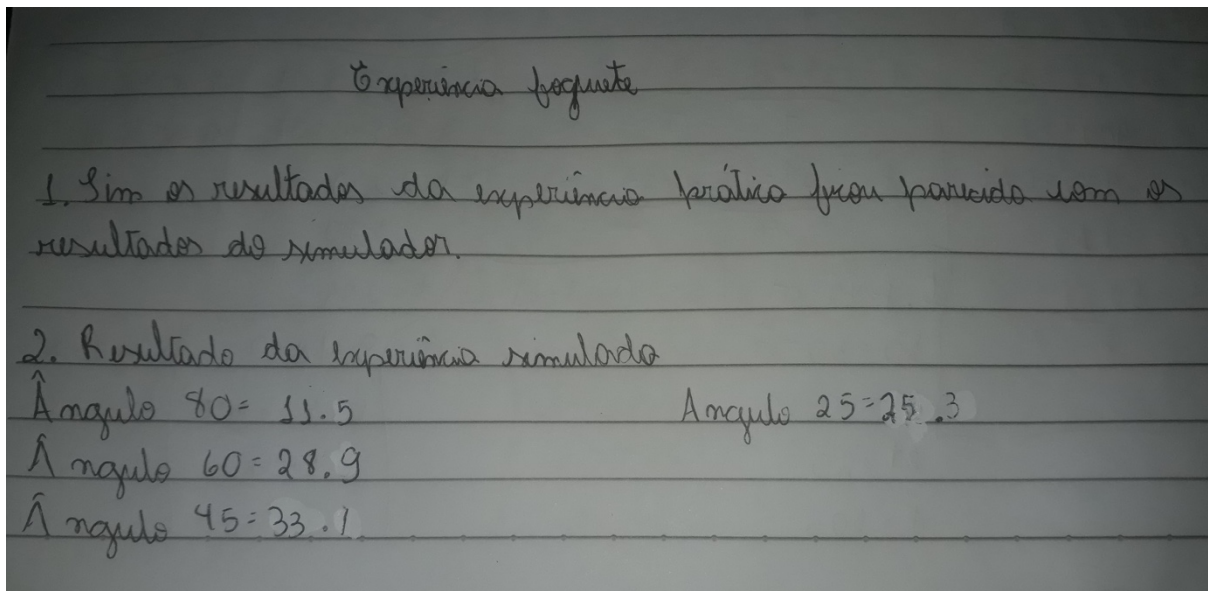


Figura 36 - Atividade aula 4 - aluno 1

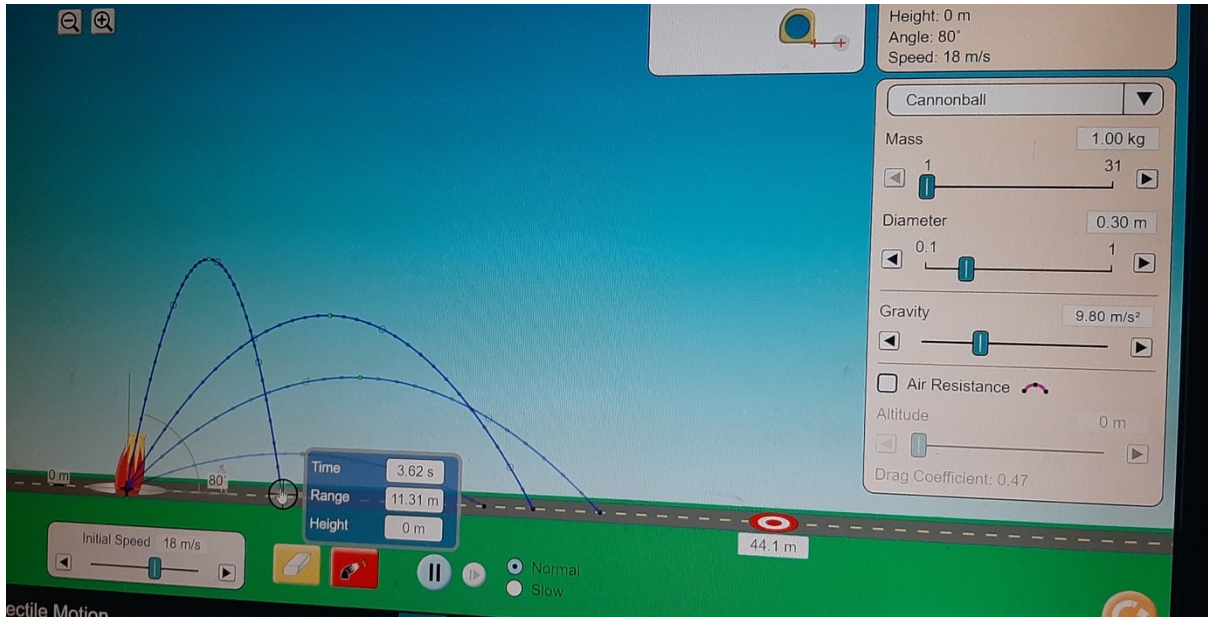


Figura 37 - Atividade aula 4 - aluno 1

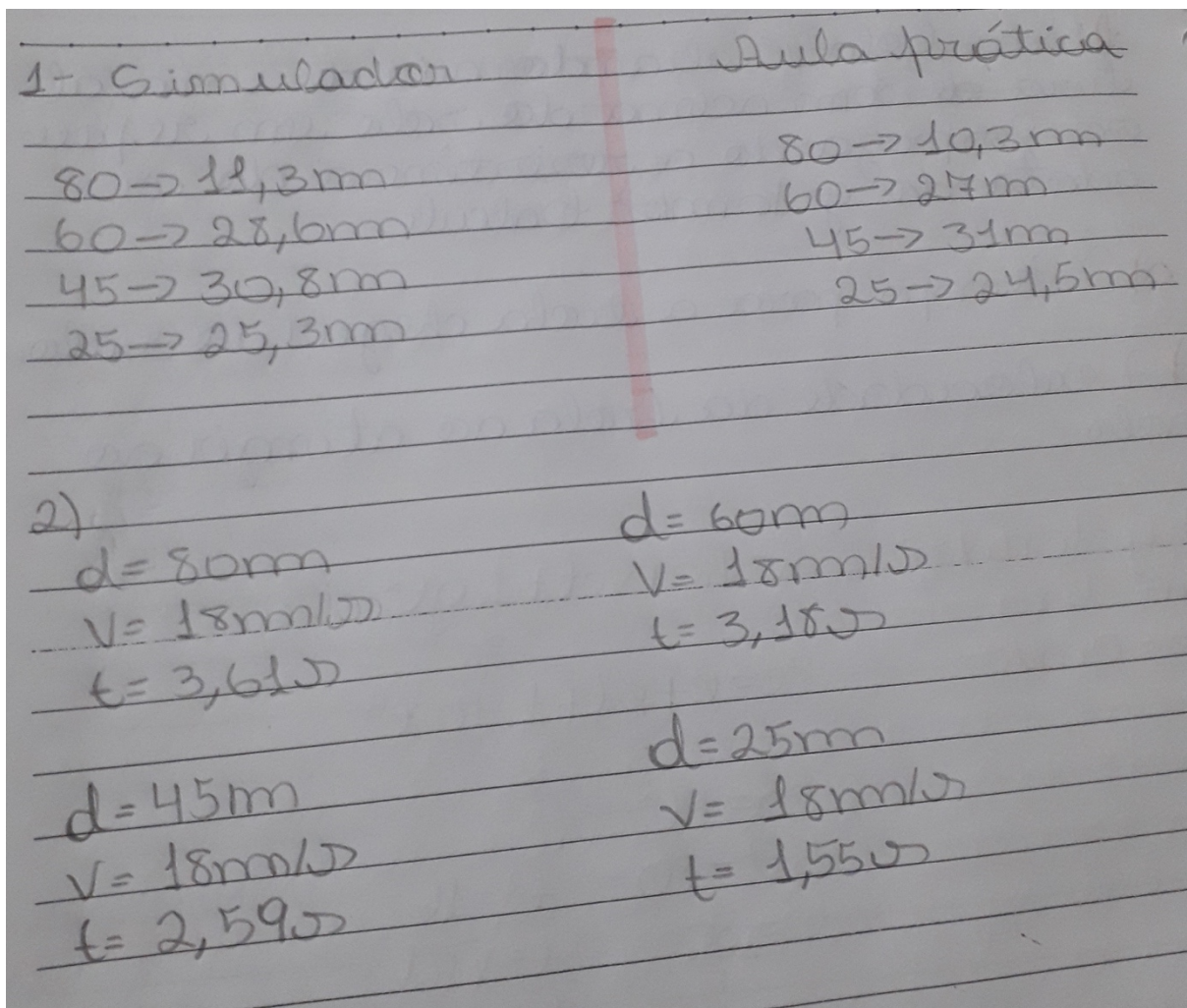


Figura 38 - Atividade aula 4 - aluno 2

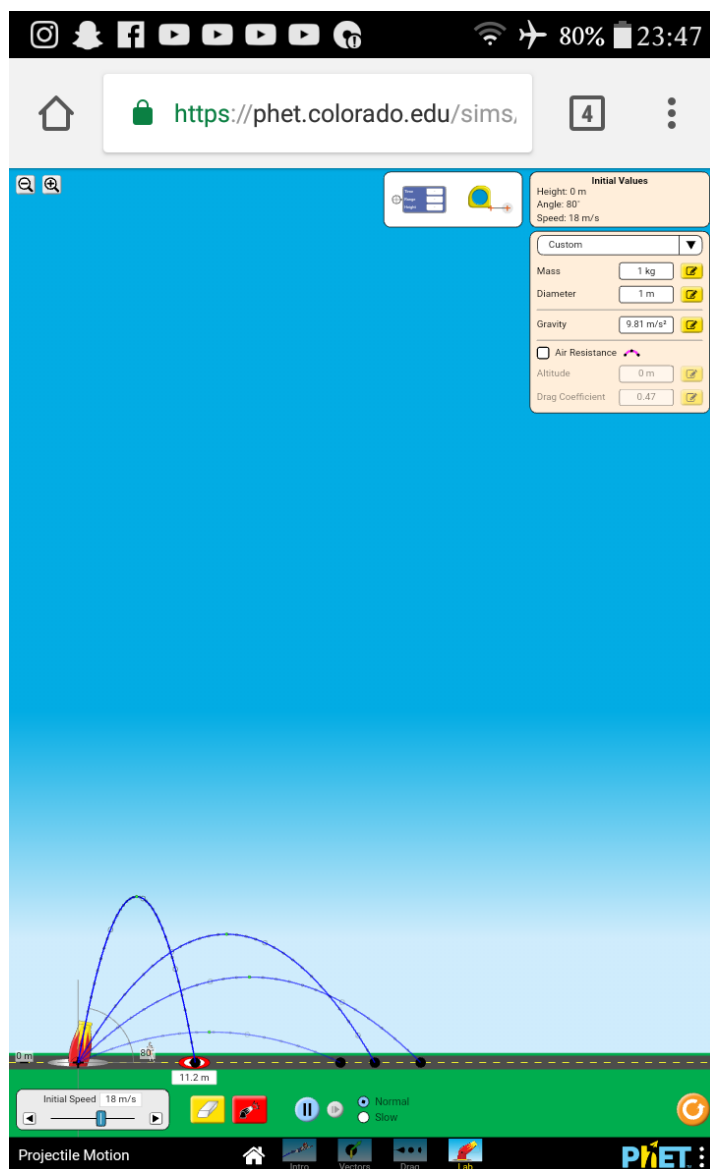


Figura 39 - Atividade aula 4 - aluno 2

O enfoque das respostas investigam o questionário da aula 4 buscando analisar e calcular lançamento de projéteis através do uso do softwares de lançamento de foguetes, assim como compreender os conceitos de lançamento oblíquo por experimentos, utilizando o simulador “Projectile Motion (HTML5)”, onde os alunos se reuniram em grupos de 4 a 5 pessoas e realizaram lançamentos virtuais no software em ângulos de  $25^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $65^\circ$  e  $80^\circ$ , com a mesma velocidade, elaborando uma tabela de dados, na qual deveriam anotar a velocidade, distância e o tempo. Assim foram discutidos com os alunos questões relacionadas ao tema, onde se realizou novas hipóteses/respostas.

A partir das respostas dos alunos nas figuras 35, 36, 37 e 38, observou-se que a tabela com os resultados das simulações ficaram muito próximas dos lançamentos



efetuados pelo professor na aula 2.

Com a teoria proposta pelo professor na aula 3, juntamente com os dados das experiências da aula 2 com os foguetes e da aula 4 com o simulador, os alunos conseguiram calcular as velocidades médias aproximadas do movimento.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou e abordou os aspectos físicos e matemáticos do lançamento de um foguete de garrafa de PET, através de uma sequência de ensino potencialmente significativa. Para tal, realizamos vários lançamentos sob diferentes condições iniciais. Os resultados foram bastante satisfatórios em relação às certas condições, muitas das quais não possuímos o controle, por exemplo, o ar turbulento e suas características. Observamos diretamente que os aspectos físicos e matemáticos do foguete têm uma gama de conhecimentos que podem alcançar importantes objetivos educacionais. Moreira colabora com essa ideia quando fala que situações- problema facilitam a aprendizagem.

Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (MOREIRA, 2012-47).

No início do ano letivo, em pesquisa com os alunos, foi observada a carência de experimentação na vivência discente e como eles se mostravam motivados a realizarem experiências. A possibilidade da realização de uma experimentação e oficina de construção de foguetes, possibilitou que visualizássemos uma transposição didática que permitiria aos estudantes construir seu conhecimento a partir de subsunçores, como propõem LIMA (2019), relacionando a aprendizagem significativa que ocorre quando a nova informação passa a fazer parte da organização cognitiva do aprendiz através de um processo onde o novo conhecimento é armazenado de forma não literal e não arbitrária.

Concluimos que as atividades experimentais fazem com que os alunos participem da descoberta, pautando suas experiências pessoais e contextualizando de forma interdisciplinar.

## BIBLIOGRAFIA

ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J; **Física: um curso universitário**. Vol 1 – Mecânica. São Paulo: Blucher, 2014

AMARAL, C. L. C.; GERRA, A. S., **Utilizando a pedagogia de projetos para despertar o interesse da ciência em alunos do Ensino Fundamental II**. Ciência em Tela, 5(1), 1-8. 2012.

AUSUBEL, D. P. **Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento**. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**, Tradução de Eva Nick et al. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. (2001). **Ensinar a Ensinar: didática para a escola fundamental e média**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

COSTA, Ângelo Gustavo Mendes. **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) como possibilidade para o ensino de função polinomial do 1º grau**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) Universidade Federal Rio Grande do Norte, 2015.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Vol 1. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009.

HIBBELER, Russell Charles. **Dinâmica: mecânica para engenharia**. Editora: Pearce Prentice Hall , 2011.

JEWTT, Jr.; John W.; SERWAY, Raymond A. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Vol 1, São Paulo: Cengage Learnig, 2011.

LEITE, L. H. A.. **Pedagogia de projetos e Projetos de Trabalho**. Presença Pedagógica, 73, 62-69. 2007.

LIMA, Valéria Cristina da Silva. **Material de Apoio para a aplicação da proposta: A utilização de protótipos de mini-foguetes como estratégia da promoção da aprendizagem significativa das leis do movimento de Newton, em nível médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) Universidade de Brasília, 2009.

MARCHIONATTI, W. **China: velho e novo império**. EDIPUCRS, 2012

MENEGOTTO, J. C.; ROCHA FILHO, J. B. Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 2, p. 298-312, 2008.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. A Teoria e Textos Complementares. 1. ed. São Paulo. Livraria da Física: 2011.

MOREIRA, M. A. **Linguagem e aprendizagem**. IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Maragogi, AL, Brasil, 8 a 12 de setembro de 2003

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. EPU. 2 ed. ampl. São Paulo, 2011.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. In. SILVA, Marcia Gorette Lima da. MOHR, Adriana. ARAÚJO, de. (orgs.). Temas de ensino e formação de professores de ciências. Natal: EDUFRRN, 2012. p.45-71.

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

NOGUEIRA, S; BEZERRA, J. P. F.; 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. Blucher, São Paulo: 2013.

OLIVEIRA, J. R. S. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências. Reunindo elementos para a prática docente.** Acta Scientiae, v.12, n.1, Jan. /Jun. 2010.

OSTERMANN, Fernanda.; MOREIRA, Marco Antônio. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio.** Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

ROCARD, M. et al. **Educação Científica AGORA: Uma Pedagogia Renovada para o Futuro da Europa.** Comissão europeia, 2007. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)>. Acesso em: Set. 2018.

SERWAY, Raymond. A.; JEWETT, John W. Jr. **Princípios da física, 1: Mecânica clássica e relatividade.** Ed. Cengage, São Paulo: 2014

SOUZA, Paulo Vitor Teodoro; AMAURO, Nicéa Quintin, **A Construção de Foguetes como Estratégia Didática no Ensino de Ciências.** Investigação Qualitativa em Educação, Atas CIAIQ2016

TIPLER, P. A.; MOSCA, Gene, **Física para cientistas e engenheiros.** Volume 1: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica; Tradução e revisão técnica Paulo Machado Mors. Rio de Janeiro: LTC, 2013. il. – (Física para cientistas e engenheiros; v.1

WERLANG, R. V. **Física: mecânica dos sólidos.** 13. ed. Tapera, LEW, 2011.

YOUNG, Hugh D, SEARS e Zemansky **Física, Mecânica. V.1**, 12a. Ed. - São Paulo: Addison Wesley, 2008

## APÊNDICES



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



## PRODUTO EDUCACIONAL

# LANÇAMENTO OBLÍQUO DE FOGUETE A PROPULSÃO DE ÁGUA EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

Alexandre Gatelli Bastos

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Karen Cavalcanti Tauceda  
Orientador

Prof. Dr. Márcio Gabriel dos Santos  
Coorientador

Março de 2020.



Este produto educacional tem por objetivo a utilização na disciplina de física no ensino médio, contextualizando de forma experimental a construção e lançamento de foguetes de garrafas PET, buscando despertar o interesse científico em um relacionamento prazeroso com a disciplina. O produto educacional foi aplicado com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio do Instituto Estadual Riachuelo, na cidade de Capão da Canoa – RS, em outubro de 2019.

O estudo de foguetes de água com garrafas PET permite a investigação, problematização e o estudo do fenômenos físicos relacionados ao lançamento oblíquo, através da experimentação em uma sequência didática significativa, para facilitar e melhorar as aprendizagens dos conceitos de Dinâmica e os estudos dos fenômenos (resistência dos materiais, forças, momento de inércia, Leis de Newton, impulso, pressão, centro de massa, leis do movimento, velocidade relativa, balística), Astronomia (gravitação, mecânica orbital). A turma onde foi aplicado o produto educacional possui trinta e seis alunos, do primeiro ano do ensino médio. Foram propostas cinco aulas de dois períodos, e cada período com duração de cinquenta minutos, no decorrer de duas semanas, totalizando dez períodos. A possibilidade da discussão a partir da experimentação dos conceitos e grandezas de Mecânica, foi um dos resultados da pesquisa, pois quando estes conceitos são ministrados exclusivamente em sala de aula de forma expositiva pelo professor, parecem não despertar o interesse dos estudantes. Além deste aspecto, também foram identificadas melhorias na compreensão das temáticas desenvolvidas durante a sequência de ensino-aprendizagem.

### **Material e confecção do produto**

A organização das etapas de construção do foguete, as explicações, o passo a passo da montagem e os materiais a serem utilizados, serão descritos neste capítulo.

As fotos dos materiais, montagem passo a passo (as etapas), do foguete pronto e o foguete em ação, também serão apresentadas neste capítulo.

## **Proposta metodológica da Sequência Didática Potencialmente Significativa**

### **ESQUEMA GERAL DA SEQUÊNCIA, RELACIONADA AOS FENÔMENOS FÍSICOS NA PROPULSÃO DE UM FOGUETE**

- Investigação das concepções prévias relacionadas ao fenômeno da física observadas no cotidiano e que serão estudadas nesta unidade de aprendizagem. Debate para compartilhamento de conceitos prévios.
- Demonstração experimental da propulsão do foguete: observação desta propulsão com questionamentos a serem relacionados à prática e com as concepções prévias.
- Debate das hipóteses que foram elaboradas a partir das observações e questionamentos sobre o fenômeno da experimentação (propulsão do foguete), e de situações do cotidiano.
- Organizadores prévios - fundamentação teórica (conceitos) sobre o fenômeno observado e novos questionamentos para explicar este fenômeno (anexos e/ou link).
- Problematizações relacionados aos materiais instrucionais teóricos (elaboração de perguntas) e com a simulação proposta no software.
- Construção de foguetes em grupos, experimentação da propulsão dos foguetes a partir das variáveis propostas (inclinação, volume de combustível/água), observação dos fenômenos, coleta de dados e formulação de hipóteses.
- Discussão dos resultados, propondo comparações entre as respostas e produção de novas hipóteses e considerações.

#### **Detalhamento da sequência de ensino-aprendizagem significativa**

**AULA 1:** Apresentação e identificação dos conhecimentos prévios. Debate. (Anteriormente, os alunos participaram de uma atividade relacionada a um projeto de Astronomia, em parceria com o IF Osório, sendo que este momento foi utilizado como organizador prévio).

**Carga horária:** 1 hora-aula

**Objetivo:**

Identificar os conhecimentos prévios dos alunos da turma sobre movimento retilíneo uniforme, movimento retilíneo uniformemente variado, lançamento oblíquo e queda livre;

**1ª AULA:** Identificar os subsunçores relacionados a conceitos de física Mecânica (resistência dos materiais, forças, momento de inércia, Leis de Newton, impulso, pressão, centro de massa), Cinemática (leis do movimento, velocidade relativa, balística), Astronomia (gravitação, mecânica orbital), Termodinâmica (conservação da energia, expansão adiabática de gases) e Fluidodinâmica (aerodinâmica, escoamento de fluidos, equação de Bernoulli, equação de continuidade), através da observação do lançamento do foguete.

### **Problematização - investigação das concepções prévias**

Os alunos responderão a um questionário individual elaborado anteriormente, para investigação dos conhecimentos prévios relacionados aos conceitos físicos e aos conceitos do cotidiano relacionados ao fenômeno que será observado na experimentação. Após, será realizado um debate para explicitar esses conhecimentos.

Na sequência serão realizadas observações do “lançamento do foguete de propulsão à água” através de vários lançamentos em um foguete já confeccionado, onde serão propostas variações na quantidade de água (combustível) para problematizar e investigar conceitos relacionados à cinemática (força, velocidade, aceleração, tempo, impulso, movimento de inércia, pressão, gravitação, resistência de materiais, leis de Newton). Durante a experiência de propulsão, o professor questionará os alunos com perguntas relacionadas ao fenômeno FÍSICO OBSERVADO e aos conceitos de física E AS CONCEPÇÕES PRÉVIAS RELACIONADAS AO COTIDIANO. As perguntas podem ser elaboradas no momento e após os lançamentos.

### **QUESTIONÁRIO:**

#### **Questão 1:**

Atirando qualquer objeto para cima em um movimento vertical, esse objeto moverá para cima e em determinado momento vai cair. Nessa altura, como seria sua

velocidade? (aumenta, diminui ou permanece zero)

---



---



---



---



---

**Questão 2:**

Um jogador de basquete arremessa uma bola para a cesta, qual a trajetória que você considera que terá maior êxito em fazer o ponto? Faça um desenho para ajudar a explicar.

---



---



---



---



---

**AULA 2:** Análise do movimento oblíquo através da observação do lançamento de foguetes (2 períodos).

**Carga horária:** 2 horas-aula

**Objetivos:**

Analisar lançamento de projéteis através da observação do lançamento de foguetes;

Compreender os conceitos de lançamento oblíquo por experimentos.

**Recursos didáticos:**

Foguete e base de lançamento confeccionados pelo professor

Caderno de anotações

Telefone celular para realizar gravação

**Metodologia:**

Utilizando a observação do lançamento com as variáveis volume de água e inclinação de foguetes, os alunos farão anotações dos dados coletados da experimentação, como por exemplo, pressão de ar, distância percorrida pelo foguete, tempo de voo, além de filmagens para comparação com o software projectile motion (anexo 1), que será utilizado na aula 4 (o anexo conterá uma imagem da apresentação do software). Serão propostas as seguintes questões-problema, para promover a relação entre a prática e a teoria que estão construindo.

**QUESTÕES-PROBLEMA A SEREM INVESTIGADAS:**

Questão 1:

Quais fatores fazem com que o foguete tenha mais propulsão?

Questão 2:

Qual ângulo o foguete alcança maior distância?

**AULA 3:** Estudo do Movimento balístico e lançamento de projéteis, queda livre e lançamento

Carga horária: 2 horas-aula

Objetivos:

Investigar e problematizar através de organizadores prévios propostos pelo professor, alguns conceitos relacionados ao fenômeno observado na aula experimental (aula 2).

Estudar o movimento de um corpo em queda livre;

Compreender que para o lançamentos de projétil existem dois movimentos envolvidos, lançamento horizontal e lançamento vertical;

Analisar os componentes envolvidos no lançamento horizontal e vertical;

Aprofundar os conceitos sobre movimento balístico e lançamento de projéteis.

Compreender sobre o ângulo de lançamento e a distância obtida ao final do movimento;

Perceber a influência da resistência do ar no lançamento de projéteis.

Recursos didáticos:

Organizadores prévios e materiais instrucionais (textos, links, filmes).

Folhas de papel A4

Um caderno

Data show

Problemas sobre queda livre, lançamento vertical, horizontal

Problemas sobre lançamento oblíquo

Metodologia:

Apresentação e debate de materiais teóricos potencialmente significativos, para articulação da prática com a teoria. Etapa da diferenciação progressiva de

conceitos buscando um “tencionamento” da reconciliação integrativa.

**AULA 4:** Instrumentalizando o uso do “Projectile Motion”: Analisando o lançamento de projéteis e construção dos foguetes pelos estudantes.

Carga horária: 2 horas-aula

**Objetivos:**

Analisar e calcular lançamento de projéteis através do uso do softwares de lançamento de foguetes;

Compreender os conceitos de lançamento oblíquo por experimentos.

**Metodologia:**

Utilizando o simulador “Projectile Motion (HTML5)” os alunos se reunirão em grupos de 4 a 5 pessoas e farão lançamentos em  $25^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $65^\circ$  e  $80^\circ$ , com a mesma velocidade, elaborando uma tabela de dados, na qual deverão anotar a velocidade, distância e o tempo. Serão discutidos com os alunos questões relacionadas ao tema, onde serão elaboradas novas hipóteses/respostas.

**QUESTÕES-PROBLEMA A SEREM INVESTIGADAS:**

**Questão 1:**

Quais diferenças houve entre os modelos propostos virtualmente pelo aplicativo e a experiência prática?

**Questão 2:**

Quais fatores influenciaram para haver essas diferenças?

**AULA 5:** APRESENTAÇÃO DOS FOGUETES CONSTRUÍDOS PELOS ALUNOS, TESTANDO OS CÁLCULOS E SIMULAÇÕES VIRTUAIS

**Objetivos:**

Analisar e calcular lançamento dos foguetes construídos, comparando e problematizando com o que foi identificado na simulação virtual

Compreender e explicar os conceitos de lançamento oblíquo por experimentos.

**Metodologia:**

A partir dos cálculos e simulações virtuais da aula anterior, os alunos irão apresentar seus foguetes e colocar na prática aquilo que foi virtualizado a partir do software “projectile motion (html5)”. Serão propostos momentos para debate e

discussão de ideias e formulação de novas hipóteses.

### **Questionário de conhecimentos prévios utilizando o classroom**

#### **Questionário aula 1:**

1. Atirando qualquer objeto para cima em um movimento vertical, esse objeto moverá para cima e em determinado momento vai cair. Nessa altura, como seria sua velocidade? (aumenta, diminui ou permanece zero)
2. Um jogador de basquete arremessa uma bola para a cesta, qual a trajetória que você considera que terá maior êxito em fazer o ponto. Faça um desenho para ajudar a explicar.

#### **Questionário aula 3:**

1. Quais fatores fazem com que o foguete tenha mais propulsão?
2. Qual ângulo o foguete alcança maior distância?

#### **Questionário aula 4:**

1. O modelo apresentado na experiência prática ficou com resultados próximo ao simulador?
2. Qual distância, velocidade e tempo foram apresentados nos lançamentos de 25°, 45°, 60° e 80°?

### **Passo a passo para a construção de uma plataforma de lançamento de foguetes**

#### **Materiais:**

- 1 pedaço de madeira de 80cm x 15cm (poderá ser madeira de demolição, pinus, MDF...)
- 1 pedaço de madeira de 50cm x 15cm (poderá ser madeira de demolição, pinus, MDF...)
- 1 pedaço 50 cm de cano de PVC de 50mm
- 1 pedaço 8 cm de cano de PVC de 40mm
- 1 pedaço 15 cm de cano de PVC de 20mm
- 1 pedaço 10 cm de cano de PVC de 20mm

- 1 redução de PVC de 50mm x 20mm
- 1 luva de PVC de 50mm
- 1 Cap (tampão) de PVC de 50mm
- 1 abraçadeira de metal
- 1 dobradiça
- 1 broca de 6mm para madeira
- 1 broca de 15mm para furar o cap
- Parafusos para a dobradiça
- 1 transferidor escolar
- 1 tubo de cola de cano PVC
- 1 ventil de pneu de automóvel
- Braçadeiras de nylon
- 1 O-ring para vedação
- 1 folha de lixa para cano de PVC
- Pistola e bastão de cola quente
- 50cm de barbante



**Imagem dos materiais utilizados para a construção de uma plataforma de lançamento de foguetes**



Figura 1 - Cano de PVC de 50mm

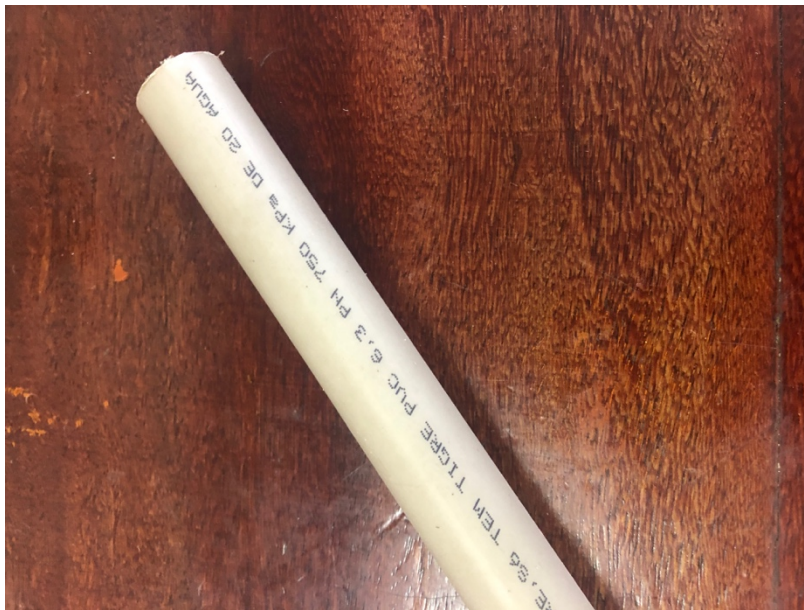


Figura 2 - Cano de PVC de 20mm



Figura 3 - Redução de PVC de 50mm x 20mm



Figura 4 - Luva de PVC de 50mm



Figura 5 - Cap de PVC de 50mm



Figura 6 – Dobradiça



Figura 7 - Broca de 6mm para madeira



Figura 8 - Parafusos para dobradiça

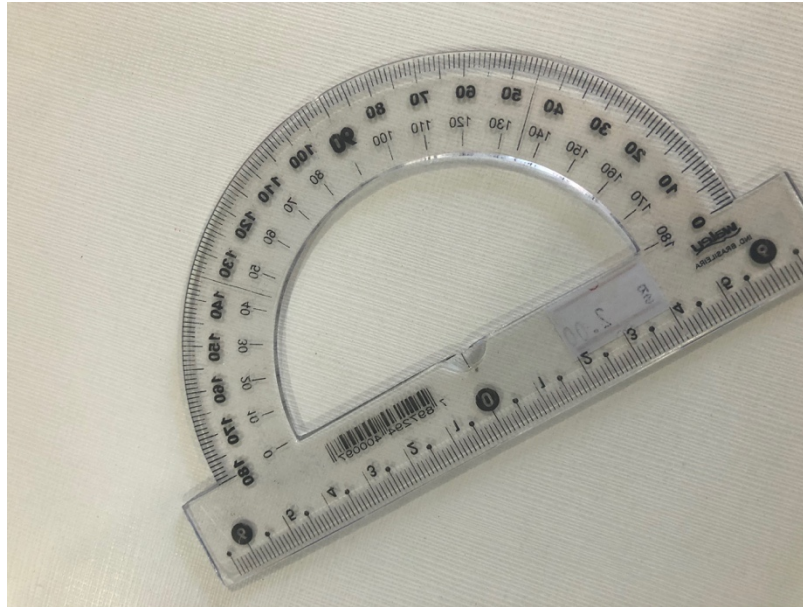


Figura 9 – Transferidor



Figura 10 - Cola de cano PVC



Figura 11 - Braçadeiras de nylon



Figura 12 - Barbante

### **Passo a passo para a construção do foguete**

15. Na construção do lançador de foguetes, utilize a lixa para lixar tanto as extremidades dos tubos de canos, quanto as conexões por dentro, para quando for colar, ter mais aderência.
16. Após feito o preparo, com a broca de 15mm faça um furo no centro do Cap para fixação do ventil de pneu do carro.
17. Fixe o ventil usando a cola de cano pvc.
18. Deixe secar por aproximadamente 3h e cole na extremidade do cano de pvc de 50mm.
19. Na outra extremidade do cano fixe a luva de 50mm com a cola de cano pvc.
20. Na outra extremidade da luva de 50mm, fixe a redução de 50mm para 20mm com a cola de cano pvc.
21. Na outra extremidade da redução, fixe o cano de 10cm pvc de 20mm.
22. Aqueça em uma chama de fogão o cano de 15cm pvc de 20mm até que ele fique maleável a ponto de criar uma bolsa para fixar no outro cano de pvc de 20mm anterior.
23. Coloque no último cano fixado o anel de o-ring inserindo até que chegue na junção dos dois canos.
24. Pegue as duas tábuas de madeira e fixe a dobradiça para que elas estejam unidas pela extremidade
25. Na tábua menor, faça seis furos com a broca de 6mm para madeira para que seja fixado o lançador a base de lançamento e fixe o lançador com as presilhas de nylon;
26. Na extremidade das tábuas que foram unidas pela dobradiça, cole com cola quente o transferidor na lateral para que se possa observar o ângulo de lançamento.
27. Usando a abraçadeira de metal, fixe as presilhas de nylon de forma que elas sirvam de gatilho para o lançamento.
28. O pedaço de cano de 8cm de pvc de 40mm, faça uma bolsa em sua extremidade e dois furos utilizando um prego aquecido, em seguida coloque 25 cm de barbante em cada furo para que seja utilizado como gatilho do lançador.



Figura 13 - Base do foguete montada



### **Passo a passo para a construção do foguete**

#### **Materiais:**

- 2 garrafas de 500ml de plástico (água mineral)
- 1 pasta de plástico
- 1 rolo de fita adesiva larga
- 1 caixa de massa de modelar
- 1 estilete
- 1 tubo de cola escolar branca
- 1 tubo de cola instantânea

**Imagem dos materiais utilizados para a construção do foguete**



Figura 14 - Garrafa de 500ml de plástico



Figura 15 - Pasta de plástico



Figura 16 - Fita adesiva larga



Figura 17 - Massa de modelar



Figura 18 – Estilete



Figura 19 - Cola escolar branca



Figura 20 - Cola instantânea

### **Passo a passo para a construção**

9. Corte uma das garrafas ao meio;
10. Com a massa de modelar, faça uma mistura da massa e aproximadamente 30g de cola branca, faça uma bola e insira na extremidade da garrafa cortada que tem o gargalo (deixe-a tampada);
11. Retire o fundo apenas da outra metade da garrafa;
12. Com a outra garrafa una as duas de forma que o fundo da segunda garrafa esteja em contato com a mistura de massa de modelar e cola que esta na primeira garrafa;
13. A segunda metade da garrafa conecte na outra extremidade;
14. Faça a fixação utilizando a fita adesiva larga
15. Com a pasta de plástico, corte quatro asas para serem coladas ao fundo, para que o foguete possa ter seu direcionamento
16. Faça um cone com o pedaço da pasta de plástico para que seja utilizado no extremidade do foguete onde tem a massa de modelar, para que tenha uma aerodinâmica;



Figura 21 – Foguete



Figura 22 - Foguete na base de lançamento

Este trabalho analisou e abordou os aspectos físicos e matemáticos do lançamento de um foguete de garrafa de PET, através de uma sequência de ensino potencialmente significativa. Para tal, realizamos vários lançamentos sob diferentes condições iniciais. Os resultados foram bastante satisfatórios em relação às certas condições, muitas das quais não possuímos o controle, por exemplo, o ar turbulento e suas características. Observamos diretamente que os aspectos físicos e matemáticos do foguete têm uma gama de conhecimentos que podem alcançar importantes objetivos educacionais. Moreira colabora com essa ideia quando fala que situações- problema facilitam a aprendizagem.

Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (MOREIRA, 2012-47).

No início do ano letivo, em pesquisa com os alunos, foi observada a carência de experimentação na vivência discente e como eles se mostravam motivados a realizarem experiências. A possibilidade da realização de uma experimentação e oficina de construção de foguetes, possibilitou que visualizássemos uma transposição didática que permitiria aos estudantes construir seu conhecimento a partir de subsunçores, como propõem LIMA (2019), relacionando a aprendizagem significativa que ocorre quando a nova informação passa a fazer parte da organização cognitiva do aprendiz através de um processo onde o novo conhecimento é armazenado de forma não literal e não arbitrária.

Concluimos que as atividades experimentais fazem com que os alunos participem da descoberta, pautando suas experiências pessoais e contextualizando de forma interdisciplinar.