



**MNPEI**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**

**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**

**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**POLO 58**

**Bárbara Lavínia Vidal Gomes Daré**

**O uso de Metodologias Ativas como facilitador do processo de ensino-aprendizagem do  
Movimento Oblíquo através da utilização de Hipertexto**

RECIFE

2025

**Bárbara Lavínia Vidal Gomes Daré**

**O uso de Metodologias Ativas como facilitador do processo de ensino-aprendizagem do  
Movimento Oblíquo através da utilização de Hipertexto**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de  
Física da Universidade Federal Rural de  
Pernambuco no Polo 58 como requisito parcial  
à obtenção do título de Mestre em Ensino de  
Física.

Orientador: Prof. Dr. Ramón Enrique Ramayo González

Recife  
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Bibliotecário(a): Lorena Teles – CRB-4 1774

D217u Daré, Bárbara Lavínia Vidal Gomes.

O uso de metodologias ativas como facilitador do processo de ensino-aprendizagem do movimento oblíquo através da utilização de hipertexto / Bárbara Lavínia Vidal Gomes Daré. – Recife, 2025.  
124 f.; il.

Orientador(a): Ramón Enrique Ramayo González.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS), Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Método de projeto no ensino . 3. Aprendizagem ativa . 4. Jogos educativos 5. Física - Pesquisa . I. González, Ramón Enrique Ramayo, orient. II. Título

CDD 530

**Bárbara Lavínia Vidal Gomes Daré**

**O uso de Metodologias Ativas como facilitador do processo de ensino-aprendizagem do Movimento Oblíquo através da utilização de Hipertexto**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco no Polo 58 como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em (dia) de (mês) de 2025.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Ramón Enrique Ramayo González  
Orientador – Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Sara Cristina Pinto Rodrigues – Examinadora 1  
Titular interno – Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. Ernande Barbosa da Costa – Examinador 2  
Titular externo – Universidade Federal Rural de Pernambuco



## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos os meus amigos de profissão, que, assim como eu,  
anseiam por uma mudança brusca na Educação Brasileira.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que me rendeu graças apesar do meu orgulho, que me amou apesar das minhas dúvidas e que me acalmou em tempos difíceis.

A meu marido, meu apoio em todas as situações, que me incentivou em todos os momentos.

A meus pais, que não mediram esforços pela minha educação.

A meus sogros, que me acolheram como filha.

A minha prima, minha irmã, cujo apoio e orações me alcançam em todos os lugares.

A minha família, que torce por mim e me quer bem apesar da distância.

A meus amigos da graduação e colegas de mestrado, que tornaram a jornada mais leve.

Ao meu orientador, Ramón González, pela sua calma e seu apoio.

Aos professores Alexandro Tenório, Ana Paula, Francisco Nairon e Jairo Rocha, que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

Ao colégio no qual apliquei a pesquisa: a meus alunos pela dedicação, à direção pelo apoio, ao corpo docente pela ajuda e especialmente aos amigos que fiz.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

*E pur si muove!*

Galileu Galileu

## **RESUMO**

O Movimento Oblíquo, conteúdo presente na Base Nacional Comum Curricular, é considerado um conteúdo difícil devido ao seu tratamento matemático envolvendo relações trigonométricas, funções de primeiro e segundo grau. De forma a facilitar o processo ensino-aprendizagem desse tema, desenvolveu-se uma sequência didática baseada nas teorias educacionais desenvolvidas por Jean Piaget e Lev Vygotsky e nas práticas educacionais da Aprendizagem Baseada em Projetos, Ensino por Investigação e Gamificação. O projeto, aplicado em turmas do 9º ano do Ensino Fundamental II, contemplou cinco momentos pedagógicos, envolvendo debates, experimentos e a leitura e debate de um hipertexto, material digital desenvolvido como produto educacional. Observou-se, durante a sequência, engajamento dos estudantes, que demonstraram interesse pela investigação científica. A experiência contribuiu para antecipar conteúdos do Ensino Médio e evidenciou que metodologias ativas podem tornar o ensino de Física mais contextualizado, significativo e estimulante para os alunos.

Palavras-chave: Ensino de Física; Aprendizagem Baseada em Projetos; Ensino por Investigação; Gamificação; Movimento Oblíquo.

## **ABSTRACT**

Projectile Motion is considered a difficult subject due to its mathematical treatment, involving trigonometric relations and functions. In order to facilitate the teaching-learning process, a didactic sequence was developed based on Jean Piaget and Lev Vygotsky, as well as practices used in Project-Based Learning, Inquiry-Based Teaching and Gamification. The project, implemented in 9th grade, had five stages involving debates, experiments and the reading and discussion of a hypertext, a digital material developed as an educational product. Throughout the sequence, the students were engaged, demonstrating interest in scientific investigation. The experience highlighted that active methodologies can make Physics teaching more contextualized, meaningful, and motivating for students.

**Keywords:** Physics Teaching; Project-Based Learning; Inquiry-Based Teaching; Gamification; Projectile Motion.

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Ponto material em um plano cartesiano e sua representação vetorial.....	15
Figura 2: Representação vetorial e suas componentes horizontais e verticais.....	16
Figura 3: O Lançamento Oblíquo.....	17
Figura 4: Comparação da trajetória de uma bola no ar (I) e a trajetória no vácuo (II).....	19
Figura 5: Interface do jogo Hungry Shark apresentando as missões.....	28
Figura 6: Hipertexto sobre Movimento Oblíquo.....	34
Figura 7: Frame do vídeo utilizado no hipertexto.....	35
Figura 8: Interface do software “Movimento de Projétil” publicada pelo PhET Colorado.....	35
Figura 9: Respostas de alguns dos alunos do 9º ano A.....	40
Respostas de alguns dos alunos do 9º ano B.....	41
Figura 11: Interface do jogo Angry Birds, com a trajetória do pássaro alterada devido à presença de ventiladores.....	49
Figura 12: Estudantes realizando a leitura dos textos 1 e 2.....	52
Figura 13: Fluxograma de utilização do Método Científico.....	55
Figura 14: Fluxograma de utilização de um Método Científico modificado por Marsulo e Silva.....	56
Figura 15: Lançamentos na plataforma PhET com vários projéteis sem resistência do ar.....	57
Figura 16: Lançamentos na plataforma PhET com vários projéteis com resistência do ar.....	58
Figura 17: Lançamentos na plataforma PhET com várias velocidades diferentes.....	59
Figura 18: Lançamentos na plataforma PhET sem resistência do ar (em azul) e com resistência do ar (em rosa) sob velocidade de 12 m/s.....	59
Figura 19: Lançamentos na plataforma PhET sem resistência do ar (em azul) e com resistência do ar (em rosa) sob velocidade de 24m/s.....	60
Figura 20: Lançamento de um objeto a 10 m/s e representação vetorial da força de resistência do ar que age sobre ele.....	60
Figura 21: Lançamento de um objeto a 20 m/s e representação da força vetorial de resistência do ar que age sobre ele.....	61
Figura 22: Lançamento a 90°.....	62
Figura 23: Trajetórias de lançamentos com vários ângulos.....	62
Figura 24: Trajetórias de lançamentos com ângulos 0°, 45° e 90°.....	63
Figura 25: Frame do vídeo “Movimento Oblíquo, uma breve demonstração”.....	64
Figura 26: Frame do vídeo demonstrando a decomposição de movimentos.....	65
Figura 27: Frame do vídeo demonstrando o Movimento Uniforme no eixo horizontal.....	65
Figura 28: Frame do vídeo demonstrando a velocidade no eixo vertical.....	66
Figura 29: Frame do vídeo demonstrando a altura no no eixo vertical.....	66
Figura 30: Registro dos lançamentos realizados no simulador pela estudante A24.....	68
Figura 31: Alunos do 9º ano B realizando medições de seus lançamentos.....	70
Figura 32: Alunos do 9º ano A realizando medições de seus lançamentos.....	71
Figura 33: Aparato de lançamento realizado pela autora.....	72
Figura 34: Gráfico de alunos e nota para a atividade .....	85
Figura 35: Interface do Hipertexto adaptado à gamificação.....	88

Figura 36: Interface da planilha para cálculos automáticos.....	89
---	----

## LISTAS DE QUADROS

Quadro 1: Comparação entre atividades comuns e atividades baseadas na ABP.....	23
Quadro 2: Relação das características da ABP e das ideias utilizadas na sequência didática..	24
Quadro 3: Rubrica avaliativa utilizada durante a sequência didática.....	24
Quadro 4: Relação das características do EI e das ideias utilizadas na sequência didática.....	26
Quadro 5: Características da gamificação utilizadas na sequência didática.....	29
Quadro 6: Aulas ministradas ao longo da sequência didática.....	31
Quadro 7: Plano da aula 1.....	32
Quadro 8: Plano da aula 2.....	33
Quadro 9: Plano da aula 3.....	36
Quadro 10: Plano da aula 4.....	37
Quadro 11: Plano da aula 5.....	38

## LISTA DE TABELAS

Respostas às questões 2.....	42
Tabela 2: Relação de alunos e grandezas relevantes para o cálculo do problema.....	44
Relação de alunos e grandezas que alteram a trajetória do Movimento Oblíquo.....	48
Tabela 4: Medidas dos lançamentos realizados pela autora.....	72
Tabela 5: Grandezas associadas aos lançamentos realizados pela autora.....	73
Tabela 6: Lançamentos sob três distensões distintas.....	73
Tabela 7: Relação das velocidades e distensões.....	73
Tabela 8: Relação das velocidades verticais e alturas.....	74
Tabela 9: Relação de alcances e tempos para os grupos 1, 2 e 3 no 9º ano A.....	74
Tabela 10: Relação de alcances e tempos para os grupos 4 e 5 no 9º ano A.....	75
Tabela 11: Módulos das velocidades horizontais encontrados pelos alunos do 9º ano A.....	77
Tabela 12: Módulos das grandezas associadas aos lançamentos encontrados pelos alunos do 9º ano A.....	78
Tabela 13: Valores das grandezas associadas ao movimento calculados pela autora, com base nos dados fornecidos pelos alunos do 9º ano A.....	78
Tabela 14: Valores comparativos das velocidades iniciais encontrados pelos alunos e pela autora.....	79
Tabela 15: Relação de alcances e tempos para os grupos no 9º ano B.....	80
Tabela 16: Relação das velocidades horizontais por grupo no 9º ano B.....	82
Tabela 17: Relação das velocidades verticais por grupo no 9º ano B.....	82
Tabela 18: Relação das alturas por grupo no 9º ano B.....	82
Tabela 19: Relação das velocidades iniciais por grupo no 9º ano B.....	83



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
2.1 PRESSUPOSTOS FÍSICOS.....	15
2.1.1 Vetores.....	15
2.1.2 O Movimento Oblíquo.....	16
2.2 PRESSUPOSTOS EDUCACIONAIS.....	20
2.2.1 A teoria educacional.....	20
2.2.2 A prática educacional.....	23
2.2.2.1 Aprendizagem Baseada em Projetos.....	23
2.2.2.2 Ensino por Investigação.....	25
2.2.2.3 Gamificação.....	27
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
3.1 DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	30
3.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	30
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>40</b>
4.1 QUESTIONÁRIO.....	40
4.1.1 Desenho das trajetórias.....	40
4.1.2 É possível determinar o alcance ou altura?.....	41
4.1.3 Fatores que alteram a trajetória.....	47
4.1.4 Diferenças entre movimento horizontal e vertical.....	50
4.1.5 Movimento Oblíquo no cotidiano.....	50
4.1.6 A importância do Movimento Oblíquo.....	51
4.2 LEITURA DE TEXTOS E DISCUSSÕES.....	52
4.3 APLICAÇÃO DO HIPERTEXTO.....	53
4.3.1 Sobre o método científico.....	54
4.3.2 Utilizando o PhET: Movimento de Projétil.....	56
4.3.3 Calculando alcance e altura máxima com precisão.....	64
4.3.4 Registrando hipóteses.....	67
4.4 CONSTRUÇÃO DOS PROJETOS.....	69
4.4.1 Lançamentos.....	69
4.4.2 Resultados de referência.....	71
4.4.3 Resultados obtidos pelo 9º ano A.....	74
4.4.4 Resultados obtidos pelo 9º ano B.....	80
4.5 SINTETIZAÇÃO DO CONTEÚDO.....	83
4.6 SUGESTÕES PARA APLICAÇÃO.....	86
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>92</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A maioria das aulas de Física no Brasil são tradicionais. Isto é, elas se resumem ao professor, detentor de conhecimento, que transmite as informações para os alunos, que não têm conhecimento. Assim, o docente fala a aula quase toda e os alunos tentam, muitas vezes em vão, transformar a fala em algum saber concreto. No entanto, é inegável que este sistema falha. “A abordagem tradicional utilizada no Ensino de Ciências não desenvolve no estudante o pensamento crítico e nem tão pouco, as habilidades para a resolução de problemas reais em sociedade.” (Segura; Kalhil, 2015).

O ensino de Física centrado exclusivamente no professor com métodos tradicionais é ineficaz porque o ser humano aprende menos apenas ouvindo, quando comparado aos métodos ativos de aprendizado. De acordo com a pirâmide da aprendizagem, elaborada por Edgard Dale, das sete formas diferentes de aprendizagem (assistir uma aula expositiva, ler, utilizar recursos audiovisuais, demonstrar, argumentar, praticar e ensinar), a porcentagem de retenção de conhecimento ao assistir uma aula expositiva é de 5% somente (Camargo; Daros, 2018).

Neste contexto, observa-se que as formas de aprendizagem relacionadas a metodologias ativas apresentam uma porcentagem maior: cerca de 70% para discussões entre pares e 80% para práticas. Percebe-se que esses processos são mais eficientes no processo de Ensino-Aprendizagem. Isto posto, faz sentido que o Ensino de modo geral seja conduzido através delas. Neste modelo, o professor atua como um problematizador e um facilitador. Assim, ele traz atividades, problemas, situações cotidianas que estimulam a reflexão, guiando-os em um caminho trilhado pelos próprios estudantes. No contexto de Metodologias Ativas, destacam-se a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), o Ensino por Investigação (EI) e a Gamificação.

O Ensino por Investigação tem como princípios “o engajamento em perguntas de orientação científica; a utilização de evidências para responder às questões; a formulação de explicações a partir das evidências; a avaliação dessas explicações à luz de outras alternativas, especialmente as científicas; a justificativa e a comunicação das explicações propostas” (Carvalho, 2013). Nesta metodologia, tem-se a seguinte organização para uma sequência didática: introdução do problema; resolução do problema pelos alunos; dinâmica de sistematização; atividade de sistematização e avaliação dos alunos.

Já na ABP, os alunos partem de uma questão relacionada a uma situação real. A partir disso, eles se organizam em equipes para investigar e refletir sobre o tema, dialogando com o

professor facilitador. O objetivo é desenvolver um projeto que sirva como uma solução ou ferramenta de mudança para o problema inicial. Essa metodologia é interessante porque oferece aos alunos a oportunidade de se tornarem protagonistas de seu próprio processo de aprendizagem e perceber como os conteúdos da escola podem se relacionar com seu cotidiano. Para Bender (2014), “a aprendizagem baseada em projetos é um modelo de ensino que consiste em permitir que os alunos confrontem as questões e os problemas do mundo real que consideram significativos, determinando como abordá-los e, então, agindo de forma cooperativa em busca de soluções”.

Por último, a gamificação diz respeito à “aplicação de elementos de jogos em atividades de não jogos” (da Silva, *et al.*, 2014). A utilização desses recursos tem como objetivo trazer uma motivação extra para o cumprimento de atividades comuns e cotidianas – muitas vezes, consideradas desestimulantes. Além disso, para Fardo (2013), a gamificação traz o benefício de proporcionar um ambiente no qual os estudantes conseguem entender a relação das partes como um todo – ou seja, que ações individuais contribuem para um bem maior.

Percebe-se uma mudança de paradigma. Antes inerte, agora o aluno se faz responsável pelo seu próprio aprendizado. Motivado pelo seu próprio caminho, o aluno se mostra mais aberto e mais resiliente. Haja vista desta nova motivação, o aprendizado de conteúdos mais complexos pode se tornar mais acessível. É sob esta óptica que se faz interessante utilizar-se dessas novas metodologias para o ensino do Movimento Oblíquo.

O Movimento Oblíquo, também conhecido como Movimento Balístico, é um movimento em duas dimensões. Ele combina conteúdos como Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado. Isto é, para compreender os princípios desse movimento, é necessário, como pré-requisito, possuir conhecimento sobre vários conteúdos anteriores. Por isso, “não é fácil compreender os movimentos em três dimensões. Por exemplo, o leitor provavelmente é capaz de dirigir um carro em uma rodovia (movimento em uma dimensão), mas teria muita dificuldade para pousar um avião (movimento em três dimensões) sem um treinamento adequado” (Halliday; Resnick, 2016).

Neste contexto, a presente dissertação tem como objetivo principal investigar o ensino de Física e do Movimento Oblíquo através de metodologias ativas: a Aprendizagem Baseada em Projetos, a gamificação e o Ensino por Investigação. Entre os objetivos específicos, destaca-se o desenvolvimento de conceitos acerca do tema, compreensão das variáveis e realizar previsões e a análise da influência do ângulo de lançamento na altura máxima e no alcance do projétil. Além disso, pretende-se que os estudantes possam explorar o Movimento

Oblíquo através de tecnologias digitais com o auxílio do hipertexto e da construção de dispositivos lançadores, promovendo uma discussão sobre ciência e tecnologia.

Para isto, foi desenvolvido um hipertexto, material *on-line* que apresenta textos, simulações e vídeos dentro de um texto, gerando uma grande rede de informações. Além disso, foi desenvolvida uma sequência didática de 5 aulas com cada turma, nas quais os estudantes deverão criar uma estrutura de Lançamento Oblíquo, como canhões ou catapultas. É esperado que, a partir da construção deste objeto, eles possam desenvolver conceitos acerca do tema e, também, analisar a influência do ângulo de lançamento na altura máxima e no alcance do projétil.

Para o desenvolvimento do produto educacional e da sequência didática, foi feito um levantamento teórico sobre os temas. O segundo capítulo deste trabalho se propõe a tratar da fundamentação teórica para o desenvolvimento do produto educacional. Assim, o capítulo 2 tratará da Física por trás do Lançamento Oblíquo e as teorias e práticas pedagógicas utilizadas durante o projeto. O terceiro capítulo expõe a metodologia utilizada para a aplicação da sequência didática e do produto educacional. O quarto capítulo traz os resultados dos trabalhos e discussões acerca das limitações destas metodologias, enquanto que o quinto capítulo trará as considerações finais, relacionando os objetivos e os dados encontrados.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

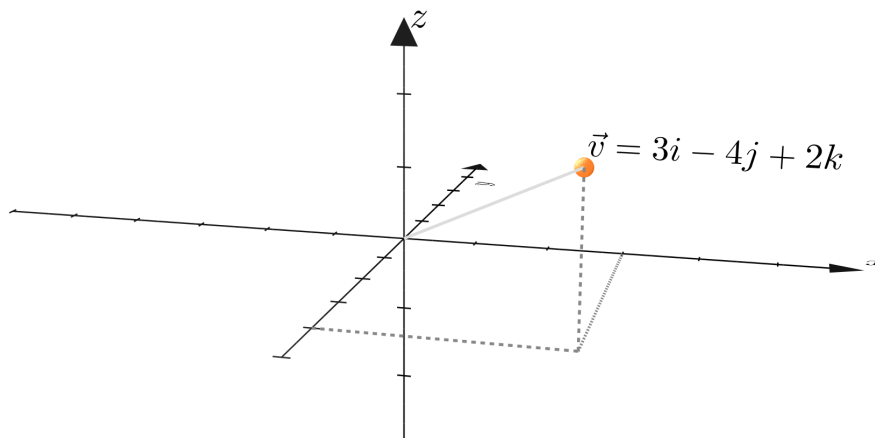
### 2.1 PRESSUPOSTOS FÍSICOS

#### 2.1.1 Vetores

Para analisar o Movimento Oblíquo, foco principal deste trabalho, é essencial compreender o conteúdo relacionado com o conceito de vetor. Vetores são representações matemáticas de grande importância, especialmente para descrever grandezas que não podem ser caracterizadas apenas pelo módulo — também é necessária a descrição de sua direção e sentido. Para Nussenzveig (1997), “uma grandeza física é um vetor quando é caracterizada por magnitude, direção e sentido e se comporta como um deslocamento, ou seja, obedece a leis de composição do mesmo tipo, que correspondem à soma de vetores e ao produto de um vetor por escalar”.

Essa representação permite descrever com precisão movimentos em duas ou três dimensões, facilitando a análise de fenômenos mais complexos. Na Figura 1 abaixo, é possível perceber como é feita a representação do vetor posição de um ponto material em um plano cartesiano.

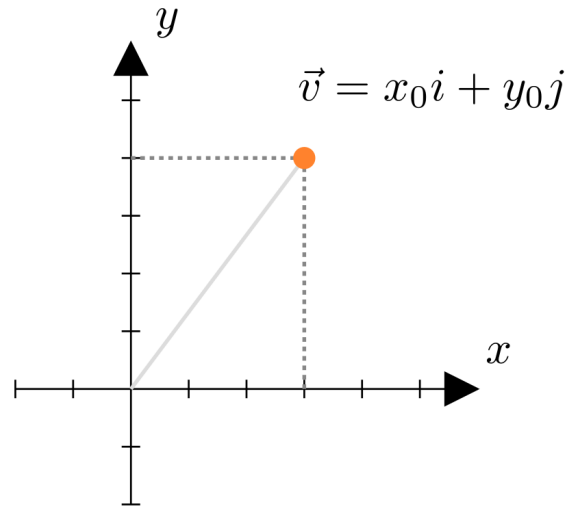
Figura 1: Ponto material em um plano cartesiano e sua representação vetorial



Fonte: A autora, 2025.

Denomina-se **i**, **j** e **k**, respectivamente, os vetores unitários nas direções X, Y e Z. Assim, se o objeto está posicionado nas coordenadas (3, -1, 3), diz-se que seu vetor posição é dado por  $\vec{v} = 3\hat{i} - 1\hat{j} + 3\hat{k}$ . Essa representação também nos permite fazer relações entre duas coordenadas utilizando conceitos trigonométricos simples. Observa-se, na Figura 2, como o vetor posição pode projetar um triângulo retângulo no sistema de coordenadas.

Figura 2: Representação vetorial e suas componentes horizontais e verticais



Fonte: A autora, 2025.

A partir desta visualização, pode-se utilizar o teorema de Pitágoras que enuncia que a soma dos quadrados dos catetos é igual ao quadrado da hipotenusa para relacionar o vetor  $\mathbf{r}$  com suas componentes vertical e horizontal conforme equação 1.

$$r^2 = r_x^2 + r_y^2. \quad (1)$$

Também é possível utilizar as definições das razões trigonométricas seno e cosseno para relacionar a coordenada de um dos eixos com o vetor resultante, conforme observado nas equações (2) e (3) abaixo.

$$r_x = r \cos\theta \quad (2)$$

$$r_y = r \sin\theta. \quad (3)$$

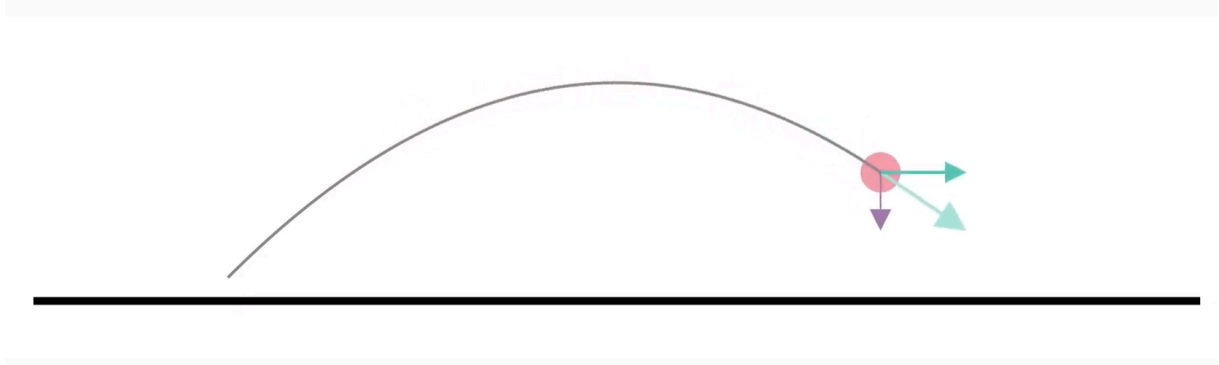
### 2.1.2 O Movimento Oblíquo

Define-se Movimento Oblíquo, Lançamento Oblíquo ou Movimento Balístico como todo movimento cujo objeto de estudo seja um móvel, um projétil, que esteja se movimentando a partir de uma velocidade inicial que faz um ângulo com a horizontal e sob ação da aceleração constante de queda livre (Halliday; Resnick, 2016), situação observada na Figura 3 abaixo.

Para analisar o Lançamento Oblíquo, é conveniente que ele seja decomposto em duas dimensões: o eixo vertical e horizontal. No eixo vertical, temos um Movimento Retilíneo Uniformemente Variado, no qual a aceleração do corpo coincide com a aceleração da gravidade. Antes de atingir a altura máxima, temos um movimento retardado, uma vez que a velocidade e a aceleração estão em sentidos opostos. Após atingir a altura máxima, observa-se um movimento progressivo, porque a aceleração da gravidade e a velocidade do projétil estão

na mesma direção e sentido. Já no eixo horizontal, observa-se um Movimento Uniforme, pois não há aceleração no eixo X, devido à inexistência de forças nessa direção. No entanto, é possível destacar, para este eixo (e também para o eixo Y), a atuação da velocidade de arrasto, como a resistência do ar, que podem ser estudadas para determinar o movimento com maior precisão.

Figura 3: O Lançamento Oblíquo



Fonte: A autora, 2025

Durante a trajetória de lançamento, o vetor velocidade  $\mathbf{v}$  do móvel é sempre tangencial à trajetória. Percebe-se que seu vetor velocidade tem duas componentes, em X e Y, de forma que valem as relações vetoriais:

$$\bar{\mathbf{v}} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} \quad (4)$$

$$v_x = v \cos \theta \quad (5)$$

$$v_y = v \sin \theta \quad (6)$$

Em um sistema ideal, sem a ação da força de arrasto, a velocidade  $v_x$  é constante. No entanto, a velocidade  $v_y$ , mesmo que não sofra ação da força de arrasto, sofre ação da força da gravidade e é, assim, uniformemente variada. Sendo assim, é observado um comportamento diferente nesses eixos e, portanto, eles são analisados separadamente.

Inicialmente, analisar-se-á o eixo horizontal em condições ideais, isto é, sem ação de forças dissipativas. Uma vez que o corpo se desloca nesta direção com velocidade constante diferente de zero, é possível classificá-lo como um Movimento Retilíneo Uniforme (Nussenzveig, 1997). Sua posição é dada pela relação de adição da posição inicial  $x_0$  com o deslocamento causado pela velocidade durante o intervalo de tempo  $t$  em que o projétil permanece em movimento. Assim:

$$x(t) = x_0 + v_x t, \quad (7)$$

no qual a velocidade  $v_x$  pode ser descrita como:

$$v_x = \frac{dx}{dt} . \quad (8)$$

Como a posição em X é uma função linear de t, é possível confirmar que a velocidade  $v_x$  é sempre constante. Assim, o alcance A, definido como “a distância horizontal percorrida por um projétil até alcançar a altura inicial” (Halliday; Resnick, 2016), de um objeto em um Movimento Oblíquo, pode ser encontrado por:

$$A = v_0 \cos \theta \cdot t_{voo} . \quad (9)$$

Para falar sobre o movimento no eixo Y, é necessário definir o conceito de aceleração. Segundo Halliday e Resnick (2016), “a aceleração de uma partícula é a razão segundo a qual sua velocidade varia com o tempo”. Matematicamente falando, a aceleração média é dada por:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} . \quad (10)$$

Diz-se que a aceleração média é uniforme quando as acelerações medidas em intervalos de tempos diferentes são iguais. Dessa forma, define-se Movimento Retilíneo Uniformemente Variado como todo movimento unidimensional no qual o corpo se desloca com aceleração uniforme na mesma direção de sua velocidade: não necessariamente no mesmo sentido (Halliday; Resnick, 2016). Com a aceleração constante, a aceleração média é igual a aceleração resultante. Assim, definimos:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_y - v_{0y}}{t - t_0} . \quad (11)$$

Como a medição do tempo é arbitrária, pode-se definir  $t_0 = 0$ . Para definir a velocidade através da aceleração, faz-se:

$$v_y(t) = v_{0y} + a_y t . \quad (12)$$

No caso do Movimento Oblíquo, pode-se encontrar velocidade inicial vertical observando o ponto inicial e o ponto mais alto da trajetória. Nesse caso, a velocidade final  $v_y$  é nula, a aceleração  $a_y$  é igual a aceleração da gravidade g e o tempo para que isso aconteça é metade do tempo de voo  $t_{voo}$ . Assim, teria-se:

$$v_{0y} = \frac{gt_{voo}}{2} . \quad (13)$$

Ao combinar essa equação com a equação 5, e considerando que é possível obter a velocidade média através da média das velocidades, tem-se:

$$y(t) = y_0 + v_{0y} t + \frac{at^2}{2} . \quad (14)$$



Para o Movimento Balístico, a altura máxima  $H$  acontece no instante que coincide com a metade do tempo de voo: é o tempo de subida do objeto. Nesse ponto, a velocidade vertical é nula. Assim, tem-se:

$$H = \frac{g}{2} \left( \frac{t_{\text{voo}}}{2} \right)^2. \quad (15)$$

Também é possível calcular a altura  $H$  através de:

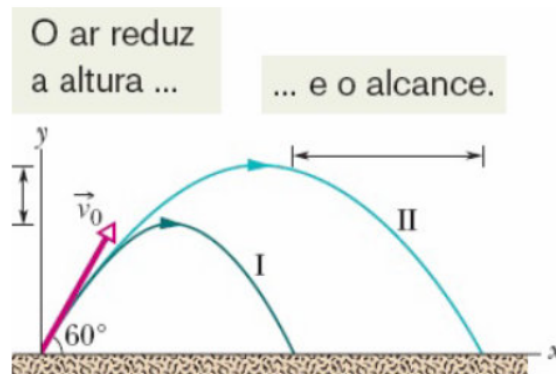
$$H = \frac{v_{0y}^2}{2g}. \quad (16)$$

Combinando as equações (9) e (14) obtém-se uma relação do alcance horizontal independente do tempo, de forma que:

$$A = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}. \quad (17)$$

Quando há ação da força de arrasto, é possível observar que a trajetória é modificada. Levando em conta a resistência do ar, o alcance horizontal e vertical do projétil são menores: visto que eles estão sob ação de resistência. É válido ressaltar que essa forma é a mais encontrada no mundo real. Observa-se a diferença entre as trajetórias na Figura 4 abaixo.

Figura 4: Comparação da trajetória de uma bola no ar (I) e a trajetória no vácuo (II)



Fonte: Halliday e Resnick, 2016

Essa força de resistência, também chamada de força de arrasto, sempre se opõe ao movimento, e é resultado do movimento relativo entre um corpo e o fluido onde está inserido (Halliday; Resnick, 2016) – no caso de nosso objeto de estudo, esse fluido seria o ar atmosférico. Relaciona-se a força de arrasto  $F_{ar}$  com a velocidade relativa  $v$  através de:

$$F_{ar} = \frac{C\rho v^2 A_{seção}}{2}, \quad (18)$$

no qual  $C$  é conhecido como coeficiente de arrasto,  $\rho$  é a massa específica do fluido, nesse caso o ar, e  $A_{seção}$  a área da seção reta do corpo perpendicular à velocidade. Dessa forma, é possível perceber que com o aumento da área do corpo, maior será a força de resistência.

Agora que as bases físicas do problema foram estabelecidas, pode-se voltar as atenções para o caráter pedagógico da proposta educacional.

## 2.2 PRESSUPOSTOS EDUCACIONAIS

### 2.2.1 A teoria educacional

Para ensinar um conteúdo de forma eficiente, além de precisar dominá-lo com maestria, é essencial entender o processo de aprendizagem do aluno e, a partir deste, construir uma prática pedagógica. Para isto, utiliza-se de teorias de aprendizagem. Para Moreira (1999), uma teoria de aprendizagem é uma construção humana utilizada para interpretar a aprendizagem, representando, sob o ponto de vista de um autor, o que é aprendizagem e como ela funciona. Entre as teorias de aprendizagem, é possível dividi-las em categorias: o behaviorismo e o construtivismo.

As teorias behavioristas estudam a aprendizagem analisando os comportamentos observáveis dos indivíduos. Essa abordagem foca, principalmente, nas respostas que são dadas a estímulos externos. Para o behaviorismo, se a resposta a um estímulo externo apresentar uma consequência positiva, o sujeito terá uma tendência de repetir o comportamento. Por outro lado, se a resposta gera uma consequência negativa, o sujeito deixará de realizar aquela tarefa. Assim, controlar as consequências de uma ação torna possível modificar o comportamento do indivíduo através do condicionamento. (Moreira, 1993).

Já o construtivismo enfatiza a cognição dos indivíduos. Para o construtivismo, o ser humano não absorve aprendizado, e sim ativamente constrói seu conhecimento baseado em seus conhecimentos prévios. Sob essa perspectiva, o ser humano elabora significados a partir das interações entre novas informações e o que ele já sabe. Nesse sentido, o papel do educador é modificado: ao invés de se apresentar enquanto detentor do conhecimento, ele agora é mediador, promovendo situações de aprendizagem. (Moreira, 1999). Dois autores do cognitivismo notáveis serão base para a aplicação do presente trabalho: Jean Piaget e Vygotsky.

Jean Piaget fez observações com crianças ao longo de seu desenvolvimento e chegou a algumas conclusões, desenvolvendo sua teoria do desenvolvimento cognitivo. Para ele, o ser humano cria esquemas mentais para entender a realidade de seu modo. Segundo Moreira (1999), “toda abordagem à realidade supõe um esquema de assimilação”. Assim, sempre que o indivíduo vive uma nova experiência, ela é interpretada com base em seus esquemas mentais, isto é, suas estruturas cognitivas já existentes. A construção do

aprendizado segundo Piaget se dá através de dois processos: assimilação, quando o indivíduo adiciona novas informações à estrutura cognitiva e acomodação, quando o sujeito modifica a estrutura cognitiva (Moreira, 1999).

Na assimilação, o ser humano tenta compreender a realidade baseado em seus esquemas – isto é, usa o que já sabe para entender algo novo. Ao assimilar, ele encaixa a nova informação naquilo que já sabe. É importante reforçar que, na assimilação, não há modificação no esquema mental formado por ele. Assim, por exemplo, se uma criança através da observação do mundo, sabe que, ao soltar uma colher, ela cai no chão, ela criou um esquema mental: soltar a colher > colher cai no chão. Ao repetir essa situação com outros objetos, ela percebe que outras coisas também caem. Assim, ela assimila: tudo o que eu soltar, cairá no chão.

No entanto, a estrutura que a criança criou nem sempre será suficiente para explicar a realidade ao seu redor. No exemplo anterior, a criança teoriza que tudo que é solto, cai. Assim, quando ela se depara com um objeto como um balão cheio de gás hélio, que, ao ser solto, não cai e sim flutua, ela não consegue explicar com base em seu esquema. Neste caso, a mente pode ignorar a situação ou modificar o esquema antes criado por ela. À segunda situação, dá-se o nome de acomodação. “É através das acomodações (que, por sua vez, levam à construção de novos esquemas de assimilação) que se dá o desenvolvimento cognitivo” (Moreira, 1999). Assim, no exemplo da criança, ela altera seu esquema anterior: a maioria do que é solto, cai – mas algumas coisas sobem porque têm “ar especial” dentro.

Só existe o processo denominado aprendizagem quando acontece a acomodação. A estrutura de esquemas mentais tende a manter-se em equilíbrio; diz-se que “o equilíbrio entre assimilação e acomodação é a adaptação à situação.” (Moreira, 1999). Conforme o indivíduo se depara com situações que fogem da compreensão construída por seu esquema mental, ele entra em estado de desequilíbrio – até que a esse esquema seja acomodado um novo conceito, momento em que ele volta ao estado de equilíbrio. É nesse processo que o comportamento humano é construído.

Um setor importante da teoria de Piaget é a necessidade das ações manipulativas. É na passagem da ação manipulativa para a ação intelectual – através da tomada de consciência – que se constrói o conhecimento (Carvalho, 2013). Ao agir fisicamente sobre os objetos, a criança organiza esquemas de ação que, com o tempo e a reflexão, se transformam em operações mentais mais elaboradas. Essa transição não acontece automaticamente, e sim exige que a criança tome consciência das relações entre suas ações e os efeitos que produz.

É imprescindível citar a importância das interações sociais para a construção de um raciocínio lógico segundo Piaget. Para o autor, “é claro que a cooperação é a primeira de uma série de formas de comportamento importantes para a constituição e desenvolvimento da lógica.” (Piaget, 1977). A interação com o outro confronta os esquemas mentais construídos pelo indivíduo e impulsiona um processo de desequilíbrio: condição necessária para a acomodação e, conseqüentemente, do aprendizado.

Sob a óptica de Piaget (1977), no entanto, a coerção de outras pessoas não é o suficiente para estabelecer uma lógica para uma criança, mesmo que seus argumentos sejam racionais. Para ensinar o pensamento lógico para esse indivíduo é indispensável uma relação recíproca, na qual cada pessoa reconheça o ponto de vista da outra. Isso é o que torna possível coordenar diferentes pontos de vista.

Piaget comenta que o contexto social é importante para o desenvolvimento cognitivo. Já o teórico Lev Vygotsky afirma que o desenvolvimento não pode ser entendido sem o contexto social. Note que, apesar de um destacar a importância, o outro afirma que não é possível o desenvolvimento cognitivo sem as interações sociais. Para Vygotsky, “o desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais” (Moreira, 1999). No entanto, essa conversão deve ser mediada, através dos instrumentos e signos. Um instrumento é um objeto que é utilizado com alguma finalidade. Já o signo é um termo ou uma ação que significa outra coisa. Existem três tipos de signos: os signos indicadores, os icônicos e os simbólicos.

Toda aprendizagem, para Vygotsky, é mediada. Essas mediações modificam a forma que o indivíduo interage com o mundo e podem ser feitas através do meio social, signos e instrumentos. Essa mediação é o caminho para a internalização, o processo para o desenvolvimento da consciência e funções mentais superiores. “Instrumentos e signos são construções sócio-históricas e culturais; através da internalização destas construções, via interação social, o sujeito se desenvolve cognitivamente” (Moreira, 1999). Para ele, o desenvolvimento cognitivo precisa passar por uma fase externa – a isto se aplica a Lei de Formação de Vygotsky: toda função aparece duas vezes: primeiro em um nível interpessoal e, em seguida, no interior da própria criança (Moreira, 1999). Outro ponto importante da teoria de Vygotsky é a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Ela indica o espaço cognitivo entre o que o aluno já sabe e o que ele pode vir a aprender com uma ajuda. A aprendizagem mais significativa acontece nesse espaço.

## 2.2.2 A prática educacional

### 2.2.2.1 Aprendizagem Baseada em Projetos

Baseado na teoria de que o ser humano constroi o seu conhecimento com base em ações manipulativas e sob mediação de instrumentos, conforme Vygotsky e Piaget (Carvalho, 2013), é que faz-se relevante a discussão sobre a Aprendizagem Baseada em Projetos. Seu objetivo principal é que os estudantes, partindo de uma questão motivadora, aprofundem seu conhecimento e pensem criticamente através da criação de um projeto (Bender, 2014). No entanto, essa abordagem se dá através da provocação e do protagonismo do estudante; e é isso que o diferencia de um trabalho escolar, ou um projeto comum.

Em um trabalho escolar, o professor diz à classe o que deve ser feito: por exemplo, “construam um filtro de água” ou “façam uma ponte com palitos de picolé que sustentem pelo menos 1 kg”. Para a Aprendizagem Baseada em Projetos, o professor propõe uma questão motivadora, que levará o aluno a pensar por si próprio e chegar às suas próprias conclusões. Assim, uma forma de transformar as sentenças anteriores em ABP pode ser encontrada no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1: Comparação entre atividades comuns e atividades baseadas na ABP.

Ao invés de...	Na ABP, diria-se...
Construam um filtro de água.	Apesar de ser conhecido como Planeta Água, cerca de 40% da população mundial não tem acesso à água potável. Muitas vezes, a água disponível é barrenta e suja. De que forma seria possível construir um dispositivo capaz de garantir água de qualidade para todos, com uma solução prática para um contexto real?
Façam uma ponte com palitos de picolé que sustente pelo menos 1 kg.	Vocês são um grupo nômade, procurando por uma terra mais fértil para fazer morada. Ao longo do caminho, vocês não encontram o que procuram. Mas, olhando após o rio, vocês avistam uma terra cheia de animais e frutas, pronta para ser habitada. Sabendo que o rio é muito violento para ser atravessado de barco, de que outra forma você atravessaria? Construa um dispositivo ou estrutura capaz de garantir sua chegada à outra margem do rio em segurança.

Fonte: A autora, 2025.

São características da ABP: narrativa, questão motivadora, trabalho em equipe, autonomia dos alunos, investigação, e apresentação de resultados (Bender, 2014). A

construção de projetos de ABP deve ser pensada analisando cada uma de seus aspectos. O Quadro 2 foi utilizado para a construção do projeto ABP utilizado nesta dissertação.

Quadro 2: Relação das características da ABP e das ideias utilizadas na sequência didática.

<b>Características da ABP</b>	<b>Ideias</b>
<b>Narrativa</b> Contextualização de uma situação problema. Pode ser feito através de contação de histórias, apresentação de vídeo, leitura de matérias de jornal.	Contexto da Idade Média. Em tempos de guerras e conflitos, o povo com mais tecnologia tinha maior vantagem.
<b>Questão motivadora</b> Uma pergunta que será o problema a ser superado pelos alunos.	Como é possível alcançar um alvo à distância?
<b>Trabalho em equipe</b> Nesta seção, utiliza-se a tabela para pensar na melhor forma de dividir as equipes.	Em 5 grupos no total.
<b>Autonomia dos alunos</b>	—
<b>Investigação</b>	—
<b>Apresentação de resultados</b> Nesta seção, utiliza-se a tabela para pensar na melhor forma de apresentar resultados.	Todos se apresentam juntos.

Fonte: A autora, 2025.

Uma vez que o avanço de conteúdos trazidos através da Aprendizagem Baseada em Projetos é muito mais conceitual, as avaliações tendem a ser mais reflexivas que as avaliações tradicionais (Bender, 2014). Neste contexto, é importante citar a importância da autoavaliação e avaliação por pares porque gera um momento de reflexão do aluno sobre o que foi produzido por ele. Inclusive, a avaliação por pares pode, muitas vezes, se tornar um processo mais tranquilo para os alunos, visto que, muitas vezes eles estão mais dispostos a ouvir outros estudantes que o professor (Carvalho, 2013).

Também é sugerido por Bender a criação de rubricas, que são um guia avaliativo, que relaciona pontuações a objetivos educacionais, descrevendo diferentes níveis de desempenho. Para a ABP realizada nesta dissertação, a rubrica utilizada pode ser observada no Quadro 3 abaixo.

Quadro 3: Rubrica avaliativa utilizada durante a sequência didática.

<b>Objetivo educacional</b>	<b>Indicadores</b>
Análise do Movimento Oblíquo como um todo (40% da nota)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidas respostas no teste pós-atividade</li> <li>• Ideias interessantes na discussão</li> </ul>

	presencial <ul style="list-style-type: none"> <li>• Debate em sala de aula</li> </ul>
Construção de uma catapulta sólida (40% da nota)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de bons materiais</li> <li>• Estabilidade do objeto</li> </ul>
Rigor na medição (10% da nota)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultados convincentes</li> </ul>
Relações interpessoais (10% da nota)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boas relações</li> </ul>

Fonte: A autora, 2025.

Essa abordagem está sendo utilizada em escolas pelo Brasil. Um trabalho relevante é o apresentado por Sebastião Luís de Oliveira, Adriano Francisco Siqueira e Estaner Claro Romão em seu artigo “Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino Médio: estudo comparativo entre métodos de ensino”. Os professores desenvolveram duas atividades para serem aplicadas em bimestres diferentes em duas turmas: uma delas, sendo o grupo experimental e a outra o grupo controle.

Para analisar seus resultados, eles utilizaram três métricas: Motivação para aprender, atitude em relação à Matemática e avaliação de conteúdos curriculares. Em todas as avaliações, os alunos que estavam em grupos experimentais desempenharam melhores resultados, levando à conclusão que “a ABP é um método de ensino exequível na Educação Básica com resultados ligeiramente superiores ao método de ensino expositivo tradicional” (Oliveira; Siqueira; Romão, 2020)

Apesar de se mostrar uma proposta muito interessante e eficaz, a ABP demanda tempo. Isto é, para que haja sucesso em sua implementação, é essencial que o professor tenha tempo hábil extraclasse para o planejamento de atividades de forma contextualizada e coerente com os objetivos de aprendizagem. Além disso, é preciso que o cronograma escolar possibilite a realização das atividades propostas dentro de sala de aula sem comprometer o andamento do planejamento anual.

#### 2.2.2.2 Ensino por Investigação

Outra abordagem pedagógica interessante é o Ensino por Investigação (EI). Ela se baseia no princípio de que o conhecimento é formado através de um processo de exploração e questionamento – essencialmente, uma investigação, seguindo os princípios apresentados por Vygotsky e Piaget (Carvalho, 2013). Apesar do nome, não há a intenção que os alunos se comportem como cientistas – é uma proposta muito mais simples. Uma sequência baseada em etapas: introdução da questão motivadora, seguida do levantamento e testagem de hipóteses pelos alunos, dinâmica e atividade de sistematização e avaliação dos alunos (Carvalho, 2013).

Na introdução da questão motivadora – também chamada de problema – há a possibilidade de utilização de diversos recursos: experimentos, figuras de jornal ou internet, textos ou ideias pré-concebidas pelos alunos. Inclusive, de acordo com Carvalho (2013), para qualquer um dos meios utilizados, deve haver uma sequência de etapas através da qual os alunos consigam levantar e testar hipóteses, que será a etapa seguinte.

No levantamento e testagem de hipóteses pelos alunos, eles são encorajados a interpretar o problema e tentar resolvê-lo. Mais importante que a resposta, é necessário que eles tentem solucionar o desafio, tentando e criando possibilidades. Para isso, os estudantes devem ser estimulados a levantar hipóteses capazes de resolver o problema e rejeitar as que não têm influência direta. O conhecimento nesta fase é construído através dos processos de tentativa e erro.

Para a dinâmica e atividade de sistematização, os grupos menores devem ser desfeitos para que a turma toda dialogue entre si. Com perguntas desafiadoras, o professor deve instigar a participação dos alunos e, em seguida, apresentar a sistematização do problema. É neste ponto também que os alunos farão a análise de seus dados e a construção de evidências. O último ponto da dinâmica é apresentado em forma de atividades individuais, nas quais cada aluno deve escrever sobre o experimento. Esse é o ponto no qual ele faz a ligação entre a prática que ele viveu e os constructos teóricos apresentados pelo professor. No quadro 4, é possível observar as etapas do Ensino por Investigação (EI) direcionada para o projeto em questão.

Quadro 4: Relação das características do EI e das ideias utilizadas na sequência didática.

<b>Características do EI</b>	<b>Ideias</b>
<b>Questão motivadora</b> Nesta seção, o professor deve pensar no contexto e situação-problema para a resolução pelos alunos.	Como lançar um projétil o mais longe possível com uma catapulta construída com palitos de picolé?
<b>Formulação e testagem de hipóteses</b> Uma das etapas do Ensino por Investigação.	Os alunos levantam hipóteses de quais variáveis podem influenciar no alcance do projétil. Essas hipóteses serão testadas durante a construção e os lançamentos.
<b>Dinâmica e atividade de sistematização</b> Uma das etapas do Ensino por Investigação.	Após os lançamentos, os alunos coletam e analisam dados: distância percorrida, tempo de voo, altura, etc. Com esses dados, calculam a velocidade do projétil e comparam com as hipóteses iniciais.



<b>Avaliação</b> Uma das etapas do Ensino por Investigação.	Os grupos apresentam suas catapultas, explicam os testes realizados, mostram os cálculos e discutem se os resultados confirmaram suas hipóteses. A apresentação pode ser em forma de seminário, vídeo ou pôster científico.
--	---

Fonte: A autora, 2025.

Apesar da inovação, a implementação do EI nas escolas brasileiras enfrenta diversas dificuldades. A falta de tempo é um exemplo claro, visto que por diversas vezes os professores têm um currículo extenso e um planejamento apertado, devido a uma carga horária reduzida. Além disso, especialmente em escolas públicas, a escassez de materiais limita a possibilidade de desenvolvimento dessa prática pedagógica. No entanto, acima de tudo, é inegável a falta de incentivo institucional para a formação docente continuada, levando inúmeros professores ao desestímulo. (Lawall; Hübl, 2021)

Ainda no que se refere a práticas educacionais, é possível citar a gamificação. Ela reflete principalmente o que Vygotsky comentou em sua teoria educacional: que a aprendizagem é formada através de interações humanas. Muito embora o termo gamificação só tenha ganhado força a partir dos anos 2000, parte dos elementos utilizados nessa abordagem pedagógica são utilizados há muito mais tempo (da Silva, 2014). Em várias salas de aula, por exemplo, é possível ver trabalho reconhecido com sistemas de recompensas simbólicas, uma característica de jogos, como estrelinhas ou adesivos. Outra característica utilizada era o quadro de pontuação ou ranking, com os nomes dos alunos que se saíam melhor nas atividades.

#### 2.2.2.3 Gamificação

A gamificação consiste na prática de trazer elementos de jogos em ambientes de não-jogos, com a finalidade de motivar os participantes a completar determinadas ações. Desta forma, serão criadas situações que mobilizem os sujeitos utilizando as características dos jogos. (da Silva, 2014). Existem várias características gerais dos jogos que podem ser utilizadas na prática pedagógica. Sob a óptica de Huang *et al.* (2018), algumas das características são:

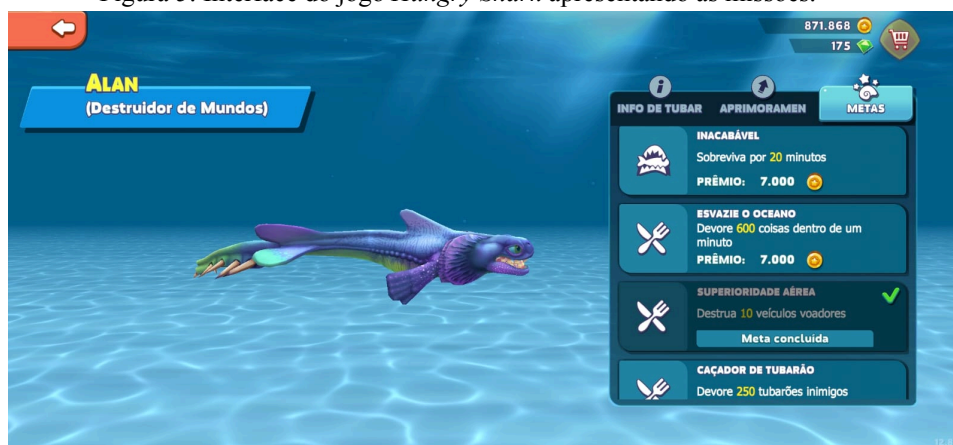
- **Objetivo**

De forma geral, um jogo é movido por um desafio principal. É este propósito que o jogador deve cumprir até o final do jogo. Por exemplo, no jogo *Hungry Shark* (UBISOFT, 2010) o objetivo principal é sobreviver com o tubarão o máximo de tempo possível.

- **Missões**

São tarefas intermediárias que organizam o progresso do jogador em pequenas conquistas. No jogo *Hungry Shark*, por exemplo, o objetivo principal é sobreviver com o tubarão o máximo de tempo possível (UBISOFT, 2010). Cada tubarão apresenta missões diferentes, ilustrado na Figura 5. Percebe-se que, muito embora as missões sejam positivas e ajudem na pontuação, elas não necessariamente contribuem para o cumprimento do objetivo, que é sobreviver o máximo de tempo. No entanto, elas dão ao jogador um incentivo para continuar jogando.

Figura 5: Interface do jogo *Hungry Shark* apresentando as missões.



Fonte: A autora, 2025.

- **Narrativa**

É o enredo que dá sentido às ações do jogador. No jogo *Super Mario Bros.* (NINTENDO, 1985), a narrativa conta a história de dois irmãos encanadores que precisam salvar a princesa Peach do vilão Bowser. A partir disso, tudo o que o jogador faz é justificado por essa história. A narrativa de um jogo envolve personagens, cenários e uma progressão de acontecimentos.

- **Competição**

Nem todos os jogos se baseiam em uma competição entre pessoas diferentes. Por exemplo, em determinados jogos, o desafio é individual. No entanto, o recurso de competição é, por vezes, muito interessante para manter o engajamento ao longo do jogo. No Quadro 5 abaixo, é possível ver quais das características dos jogos foram utilizadas na presente pesquisa.

Quadro 5: Características da gamificação utilizadas na sequência didática.

<b>Característica dos jogos</b>	<b>Como foi desenvolvido na pesquisa</b>
Objetivo	Fazer um objeto capaz de lançar projéteis o mais distante possível
Missões	Atividades propostas no hipertexto
Narrativa	Contexto de idade média
Competição	<i>Ranking</i> com as equipes

Fonte: A autora, 2025.

Essa prática já está sendo utilizada em nosso país. A autora Amanda Chelly da Rocha utilizou-se dessa abordagem para criar sua própria experiência, compartilhada no artigo “Atividade gamificada como estratégia de engajamento no Ensino da Química”. Em seu trabalho, ela discorre sobre o jogo feito por ela, em forma de quiz, demonstrando seus aspectos. De forma qualitativa, ela avalia o trabalho como positivo visto que houve engajamento dos estudantes e que eles se mantiveram atentos durante toda a atividade (Rocha, 2023).

Além desse projeto, é possível citar “Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física”, escrito por João Batista da Silva, Gilvandenys Leite Sales e Juscileide Braga de Castro. Os autores dividiram o trabalho em dois grupos: o grupo controle e o grupo experimental. No grupo controle, aulas tradicionais puramente expositivas. No grupo experimental, foram feitas aulas gamificadas em “ilhas da aprendizagem”. Divididos em grupos, os alunos deveriam resolver problemas de níveis diferentes apresentando evidências. Retirado do artigo, “A missão proposta para o aluno foi a de que ele deveria conquistar 10.000 pontos, só que para isso ele poderia optar por quais questões responder, respeitando assim o seu ritmo e estilo de aprendizagem.” (Silva; Sales; Castro, 2019). Ao final da experiência, os autores concluíram que a gamificação apresentou um potencial significativo para promover a aprendizagem dos alunos, considerando uma estratégia bem sucedida. A seguir, será destrinchada a metodologia do trabalho.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa em questão, portanto, utiliza-se do construtivismo para aplicar um projeto baseado em três práticas educacionais: a Aprendizagem Baseada em Projetos, o Ensino por Investigação e a Gamificação. Nesse sentido, é essencial observar o comportamento dos indivíduos e descrever como eles se desenvolvem frente às atividades. Assim, será possível interpretar e analisar como os sujeitos constroem o conhecimento a partir da resolução de problemas e do trabalho colaborativo.

Sob esta perspectiva, com o intuito de melhor descrever e justificar determinado fenômeno, será utilizada a abordagem qualitativa. Segundo Perovano (2016), a pesquisa no enfoque qualitativo objetiva, não em medir as variáveis, mas em compreendê-las: exatamente o que se pretende fazer com o projeto em questão. Além disso, ainda segundo o autor, a pesquisa qualitativa apresenta como características a observação e avaliação de fenômenos, testagem e comprovação da fundamentação das ideias e proposição de novas observações para fundamentar ou modificar as suposições.

A presente dissertação descreve uma pesquisa de campo e aplicada. Detalha-se como pesquisa de campo uma vez que foi realizada no ambiente natural dos indivíduos, isto é, a escola, através de observação direta e aplicação de atividades (Perovano, 2016). É caracterizada também como aplicada, pois tem como objetivo solucionar um problema específico: melhorar a aprendizagem do Movimento Oblíquo, por meio da intervenção do produto educacional.

É importante detalhar as escolhas dos instrumentos de coleta de dados. Perovano (2016) destaca que “boa parte dos dados coletados para a pesquisa qualitativa é baseada em textos, como notas de campo, transcrições [...] e interpretações vinculadas à análise de questões sociais e educacionais”. Devido a isto, a presente pesquisa utilizou diferentes instrumentos de registro, como formulários, fichas de aula com registros dos indivíduos e plataforma on-line onde os sujeitos fizeram anotações e observações. Além disso, também foram consideradas as notas de campo elaboradas pela autora.

#### 3.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A aplicação da sequência didática em questão foi dividida em diversas etapas, sendo em um total de 5 momentos pedagógicos totalizando 8 horas/aula e algumas atividades híbridas. O projeto foi pensado para uma turma de 1º ano do Ensino Médio, visto que é nesta etapa do ensino básico que é abordado o Movimento Oblíquo. Apesar disso, a presente

dissertação discorre da aplicação da sequência em duas turmas do 9º ano do Ensino Fundamental II. Essas turmas, únicas disponíveis para a aplicação do projeto, têm aulas de Física desde o 6º ano do Ensino Fundamental. Assim, eles conhecem conceitos como Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado.

Mesmo sendo pensada para o Ensino Médio, a atividade se encaixa na habilidade presente na matriz do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) para o Ensino Fundamental “EF07CI01 - Discutir a aplicação, ao longo da história, das máquinas simples e propor soluções e invenções para a realização de tarefas mecânicas cotidianas”. Foi garantida a adequação pedagógica, auxiliando os alunos em conteúdos que eles ainda estavam habituando-se, como por exemplo relações trigonométricas. A atividade também proporcionou uma antecipação dos conteúdos que serão vistos no Ensino Médio, contribuindo para a ampliação de seu repertório conceitual.

O projeto foi aplicado em uma escola particular na Zona Oeste do Recife. Foram escolhidas duas turmas do 9º ano do Ensino Fundamental II, uma com 35 alunos e outra com 45 alunos, com faixa etária entre 13 e 15 anos. A seguir, é possível observar no Quadro 6 os aspectos e divisões de cada aula.

Quadro 6: Aulas ministradas ao longo da sequência didática.

Modelo de aula	Número de aulas	Atividade	Tipo de atividade	Recursos
Presencial	1	Questionário de conhecimentos prévios	Individual	Ficha impressa
Presencial	1	Leitura de textos e discussão	Em grupo	Ficha impressa
Híbrida	-	Leitura e participação em atividades digitais	Individual	Hipertexto
Presencial	2	Discussão sobre o Movimento Oblíquo, a melhor forma de efetuar cálculos e sobre como construir os projetos	Em grupo	Vídeos, plataforma de simulação, quadro branco, marcadores, computador e projetor.
Híbrida	-	Construção dos projetos	Em grupo	Escolhidos pelos alunos
Presencial	2	Apresentação dos projetos e medições dos parâmetros necessários para determinar a velocidade do projétil	Em grupo	Catapultas, massa de modelar, trena, cronômetro, régua, transferidor e ficha

Híbrida	-	Realização dos cálculos	Em grupo	Ficha impressa
Presencial	2	Discussão final e questionário	Em grupo	Formulário digital

Fonte: A autora, 2025.

Na primeira etapa, o objetivo principal foi de levantar os conhecimentos prévios dos alunos. Assim, foi elaborada uma ficha com seis perguntas, conforme ilustra a figura A-1 presente no apêndice A. A ficha foi aplicada em sala de aula e respondida individualmente por cada aluno. Nela, é possível analisar o que os alunos sabem, o que eles não sabem e as concepções equivocadas que eles têm como verdade. No Quadro 7, está discriminado o plano de aula.

Quadro 7: Plano da aula 1

Aula 1: questionário inicial	
Tempo de aula:	1 hora/aula
Objetivo geral	Investigar os conhecimentos prévios dos alunos, com o objetivo de direcionar o projeto
Objetivos específicos	Estimular a reflexão individual de cada aluno Identificar o conhecimento já construído Identificar concepções equivocadas Base para avaliações futuras
Parâmetros curriculares	EM13CNT204: Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.
Materiais necessários	Ficha impressa (apêndice A-1), canetas
Avaliação	Diagnóstica
Atividade	Aplicação do questionário individual

Fonte: A autora, 2025.

Em seguida, deu-se continuidade com a provocação do conteúdo, na aula 2, cujo plano de aula é possível observar no quadro 8. Foi elaborada uma segunda ficha com trechos de dois textos, presente na figura A-2 do apêndice A. Os textos trazem uma abordagem histórica da construção de catapultas e, também, da concepção do Movimento Balístico. Assim, os alunos se reuniram em grupos para realizar a leitura. O principal objetivo da aplicação do texto foi que os alunos compreendessem que a catapulta é um objeto que

simboliza a habilidade de utilizar princípios matemáticos e físicos para enfrentar desafios práticos.

Quadro 8: Plano da aula 2

Aula 2: leitura de textos e discussão	
Tempo de aula:	1 hora/aula
Objetivo geral	Estabelecer conexões entre princípios físicos e matemáticos envolvidos no movimento balístico, através de um tratamento histórico e cultural
Objetivos específicos	Ler e interpretar textos de cunho científico Compreender o uso de conhecimentos científicos ao longo da História
Parâmetros curriculares	EM13CNT303: Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações
Materiais necessários	Ficha impressa
Avaliação	Considera-se o envolvimento dos alunos na leitura e sua capacidade de argumentação no momento da discussão
Atividade	Leitura da ficha impressa em grupos pequenos (apêndice A-2). Após a leitura, conversa sobre as ideias principais, registrando pontos importantes

Fonte: A autora, 2025.

Com o objetivo de aprofundar-se no conteúdo, foi elaborado um hipertexto. Este material tem formato de infográfico e é realizado com seis tarefas de formatos diferentes, entre textos, vídeos e simulações, como mostra a Figura 6 abaixo. Esse formato de material é interessante devido à sua capacidade de interação, permitindo o leitor a explorar de forma dinâmica. Essa atividade foi passada em sala de aula e realizada em casa pelos alunos.

Figura 6: Hipertexto sobre Movimento Oblíquo.

# Movimento Oblíquo



## 1. História

A criação das catapultas remonta a tempos antigos, quando os exércitos buscavam formas mais eficazes de atacar fortalezas e castelos. Com o passar do tempo, elas se tornaram mais complexas. [Neste link](#), você pode ler mais a respeito da História desse artefato.

## 2. Concepções anteriores

As concepções alcançadas durante a História nem sempre são corretas. Esses conceitos, embora antigos, ainda podem oferecer soluções valiosas para os desafios modernos, proporcionando novas perspectivas e insights. Hoje, temos claro a trajetória desse movimento: é uma trajetória parabólica. No entanto, nem sempre foi o caso. [Neste link](#), você pode encontrar como a Humanidade caminhou para chegar na conclusão da trajetória parabólica.





## 3. Demonstração

A este movimento, pode ser dado um tratamento analítico. Conseguimos utilizar determinados parâmetros para calcular a altura máxima alcançada pelo projétil e seu alcance horizontal. [No vídeo linkado](#), é possível observar como isto é feito.

### O método científico

é uma abordagem sistemática utilizada para investigar fenômenos. O método científico segue etapas fundamentais, como a observação, a formulação de hipóteses, a experimentação, e a análise dos resultados, onde se determina se as hipóteses são sustentadas ou refutadas. Utilizando o simulador no link ao lado, tente formular uma hipótese sobre o Movimento Oblíquo e [compartilhe-a aqui](#)

### Experimente!

[Neste ambiente virtual](#), você pode utilizar um software que simula o Movimento Oblíquo. Com ele, é possível ajustar variáveis como a velocidade inicial, o ângulo de lançamento e a massa do projétil para observar como cada fator influencia a trajetória do objeto. Essa ferramenta é especialmente útil para estudantes que desejam entender melhor os princípios da física por trás do movimento parabólico.

Fonte: A autora, 2025

As duas primeiras tarefas sugerem a leitura completa dos textos apresentados na ficha 2, proporcionando uma visão mais completa da História. A terceira tarefa consistia na



demonstração do Movimento Oblíquo, através da exibição de um vídeo curto, elaborado pela autora, explicando os princípios físicos essenciais relacionados a esse movimento, incluindo a decomposição de vetores, conforme Figura 7:

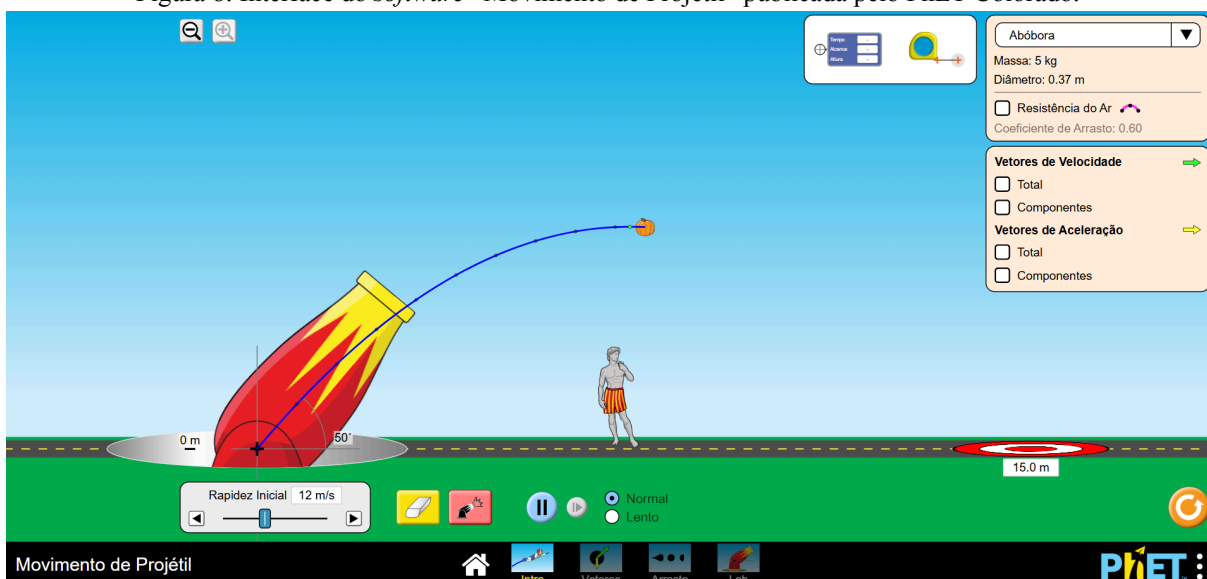
Figura 7: *Frame* do vídeo utilizado no hipertexto.



Fonte: A autora, 2025.

A quarta tarefa se baseia na leitura dos processos estabelecidos pelo método científico. Para a quarta tarefa, foram realizados experimentos através da plataforma Physics Education Technology (PhET), que oferece simulações práticas de fenômenos físicos, disponíveis em [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/) e ilustrado na Figura 8. Na experiência, os estudantes deveriam analisar de maneira detalhada como diferentes parâmetros influenciam o movimento de um objeto lançamento oblíquo. Entre esses parâmetros, destacam-se a resistência do ar, o ângulo de lançamento e a velocidade inicial, uma vez que a combinação e a manipulação desses fatores possibilitam uma compreensão mais profunda das leis do movimento e das forças envolvidas.

Figura 8: Interface do *software* “Movimento de Projétil” publicada pelo PhET Colorado.



Fonte: A autora, 2025.

Por fim, foi construído um mural colaborativo através da plataforma Padlet, no qual os alunos poderiam compartilhar suas descobertas e reflexões sobre o que aprenderam após as experiências no PhET. Essa atividade colaborativa incentivou a troca de ideias e experiências, permitindo que os alunos discutissem suas conclusões e vissem diferentes abordagens sobre o mesmo tema.

Após serem provocados com textos, simulações e questionamentos, realizou-se a terceira aula, conforme Quadro 9 abaixo. Nela, discutiu-se sobre o Movimento Oblíquo com mais propriedade, uma vez que os alunos haviam feito a atividade do hipertexto. É nesta etapa que o conhecimento sobre o movimento será aprofundado. Partindo da reflexão com os textos, assistiu-se ao vídeo em grupo para discutir dúvidas e sintetizar o conteúdo.

Quadro 9: Plano da aula 3

Aula 3: discussão sobre os elementos do hipertexto e sistematização do Movimento Oblíquo	
Tempo de aula:	2 horas/aula
Objetivo geral	Apropriar-se dos conceitos físicos e matemáticos emergentes do Movimento Oblíquo, compreendendo suas variáveis e realizando previsões
Objetivos específicos	Reforçar os conceitos do Movimento Balístico Identificar quais variáveis influenciam a trajetória de um projétil Compreender a decomposição do vetor velocidade Aplicar fórmulas para prever a velocidade de um projétil
Parâmetros curriculares	EM13CNT204: Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais
Materiais necessários	Vídeos, plataforma de simulação, quadro branco, marcadores, computador e projetor
Avaliação	Observação da capacidade do aluno de compreender os conceitos e participar das discussões
Atividade	Revisão do vídeo presente no hipertexto sobre o Movimento Oblíquo, reforçando os conceitos e fórmulas trabalhadas. Em seguida, são feitas novas simulações na plataforma PhET, testando variáveis, discutindo coletivamente o que foi observado

Fonte: A autora, 2025.

Ao final da terceira aula, foi apresentada a quarta atividade: a construção de um projeto que permitisse o Lançamento Oblíquo. Ao construí-los, o objetivo final é que os estudantes fizessem lançamentos e realizassem medições de seus resultados. Para isto, os alunos foram divididos em grupos. Cada grupo teve a liberdade de escolher os materiais que consideravam mais adequados, com base nas discussões prévias e nas suas hipóteses. Durante o debate, os indivíduos puderam compartilhar ideias sobre as técnicas mais eficazes para a construção desses artefatos. Em seguida, os grupos tiveram duas semanas para a construção de seus projetos em casa.

Após a conclusão do projeto, os alunos levaram seus artefatos para a escola, dando início à aula 4, cujo plano está no Quadro 10 abaixo. Neste ponto, iniciaram-se as medições. Os alunos fizeram nove medidas ao total, para diminuir os erros sistemáticos. Por fim, eles calcularam as velocidades de seus projéteis.

Quadro 10: Plano da aula 4

Aula 4: lançamento dos projéteis com a catapulta	
Tempo de aula	2 horas/aula
Objetivo geral	Calcular a velocidade inicial de cada um dos projéteis
Objetivos específicos	Efetuar medições de alcance horizontal e tempo de voo Refletir sobre os possíveis erros nas medições e discutir a importância da repetição experimental.
Parâmetros curriculares	EM13CNT205: Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.  EM13CNT301: Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
Materiais necessários	Projetos construídas pelos alunos, ficha impressa (apêndice A-3 e A-4), lápis e borracha, cronômetro, trena e massa de modelar

Avaliação	Participação dos estudantes, a precisão de suas medições, coerência dos cálculos e capacidade de interpretar resultados
Atividade	Os grupos se organizam para realizar os lançamentos com suas catapultas. Cada grupo realiza nove lançamentos, anotando a distância percorrida e o tempo de voo. Em seguida, os alunos calculam a velocidade inicial de seus lançamentos.

Fonte: A autora, 2025.

Para alguns alunos que não conseguiram terminar os cálculos em sala de aula, eles tiveram a oportunidade de terminar em casa. Na aula 5, foi feita uma discussão sobre os resultados e, ao final, foi aplicado um questionário como uma auto-avaliação, para que eles analisassem seu desempenho, do seu grupo, do seu projétil e da sua catapulta. Esta aula tem como foco a sistematização das aprendizagens construídas durante o projeto, conforme plano de aula no Quadro 11.

Quadro 11: Plano da aula 5

Aula 5: discussão sobre os resultados do Movimento Oblíquo	
Tempo de aula	2 horas/aula
Objetivo geral	Analisar criticamente os resultados obtidos e o desempenho na atividade
Objetivos específicos	<p>Analisar os resultados dos lançamentos realizados na aula anterior.</p> <p>Comparar os valores obtidos entre os grupos, identificando padrões ou discrepâncias.</p> <p>Estimular a autorreflexão sobre o desempenho individual e coletivo.</p> <p>Discutir o processo de construção e testes, considerando aspectos de planejamento, execução e funcionamento.</p>
Parâmetros curriculares	EM13CNT302: Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.

Materiais necessários	Celulares para responder o questionário, ficha impressa (apêndice A-3 e A-4) respondida, projetor para comparação de resultados.
Avaliação	Participação ativa nas discussões e entrega do questionário.
Atividade	Os grupos compartilharam seus resultados e discutiu-se as semelhanças e discrepâncias nos resultados. Levantou-se hipóteses para a diferença nesses resultados.

Fonte: A autora, 2025.

A seguir serão apresentados os resultados e discussões.

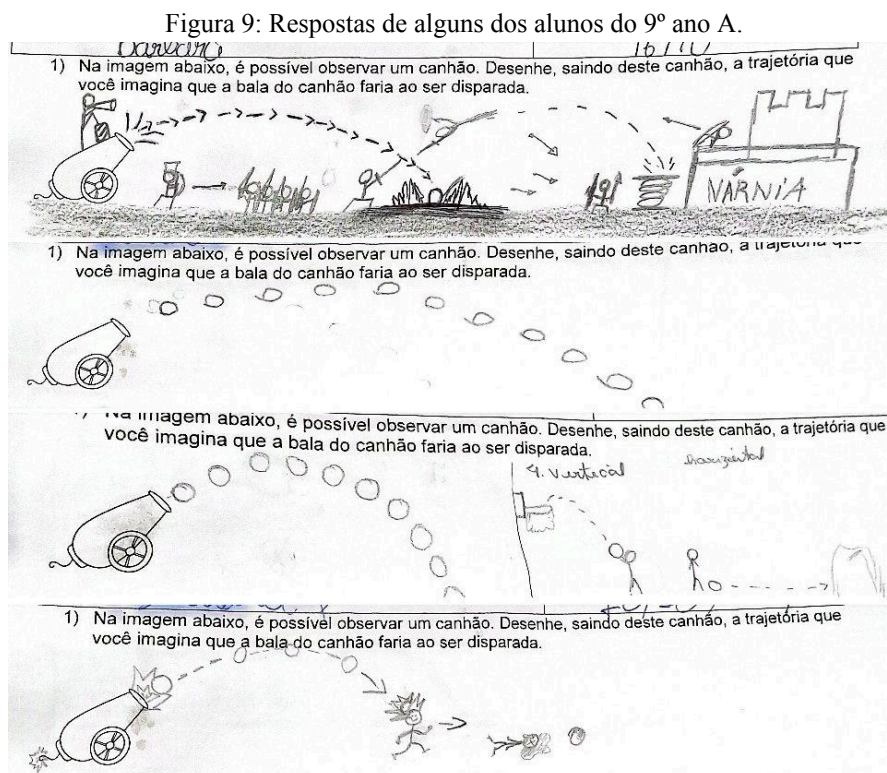
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 QUESTIONÁRIO

Na primeira parte da aplicação da sequência didática, os alunos responderam individualmente uma ficha impressa, com o objetivo de levantar seus conhecimentos prévios. Foram feitas seis perguntas no total, conforme anexo. Para manter o sigilo das respostas, os alunos foram identificados através de uma combinação de números e letras. Assim, na turma do 9ºA, os alunos foram identificados como A1, A2, A3 e assim por diante, enquanto que os alunos do 9º ano B foram identificados como B1, B2 e B3 etc. Além disso, as respostas às perguntas, quando descritas, serão feitas de forma integral, com as palavras escritas com a grafia fora da norma padrão grifadas em *itálico>*.

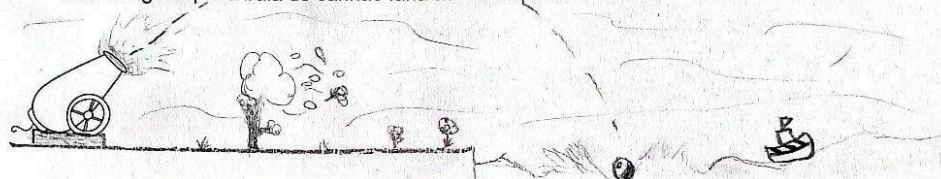
#### 4.1.1 Desenho das trajetórias

Na primeira pergunta, havia um desenho de um canhão e o aluno deveria desenhar a trajetória de um projétil saindo de dentro dele. Todos os alunos responderam desenhando uma trajetória parabólica, mas todas eram de formatos diferentes. Esse fato abriu espaço para discussão em sala de aula no momento seguinte. Na Figura 9 é possível ver algumas das ilustrações desenhadas por alunos do 9º ano A e, em seguida, na Figura 10, alguns desenhos do 9º ano B.

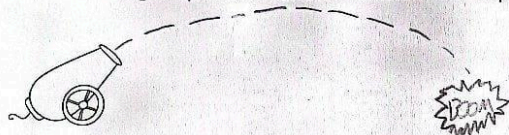


## Respostas de alguns dos alunos do 9º ano B.

- 1) Na imagem abaixo, é possível observar um canhão. Desenhe, saindo deste canhão, a trajetória que você imagina que a bala do canhão faria ao ser disparada.

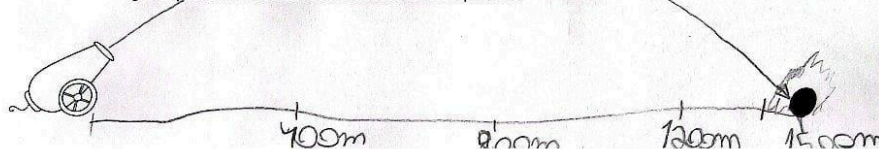


- 1) Na imagem abaixo, é possível observar um canhão. Desenhe, saindo deste canhão, a trajetória que você imagina que a bala do canhão faria ao ser disparada.

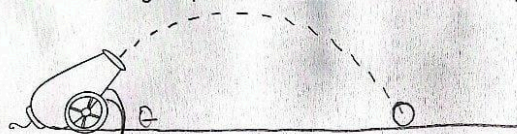


Professora: <u>Barbara</u>	100m Pieo	Data: <u>16/10</u>
----------------------------	--------------	--------------------

- 1) Na imagem abaixo, é possível observar um canhão. Desenhe, saindo deste canhão, a trajetória que você imagina que a bala do canhão faria ao ser disparada.



- 1) Na imagem abaixo, é possível observar um canhão. Desenhe, saindo deste canhão, a trajetória que você imagina que a bala do canhão faria ao ser disparada.



Fonte: A autora, 2025.

#### 4.1.2 É possível determinar o alcance ou altura?

Em seguida, a segunda questão perguntava se, sabendo a trajetória de um projétil, era possível calcular a distância final ou a altura que um projétil alcança, e de que forma isso poderia ser feito. Foram obtidas diversas respostas, conforme Tabela 1. Na turma do 9º ano A, foi obtida uma resposta não. Segundo o aluno A41: “não, pois é necessário saber a força exercida perante ao objeto”. Uma resposta interessante. Com essa resposta, o aluno não considera que é possível saber a força exercida sobre o objeto, e, portanto, não é possível encontrar os parâmetros procurados. No entanto, essa concepção encontrada pelo aluno está errada. O principal motivo é que, para descobrir a distância final e a altura máxima, não é necessário saber a força exercida sobre o objeto: é possível fazê-lo sabendo somente sua velocidade inicial, ângulo de lançamento e tempo de voo.

Respostas às questões 2.

	Sim	Não	Não sei	Respostas incoerentes
9ºA	37	1	3	1
9ºB	28	0	4	3

Fonte: A autora, 2025.

Ainda assim, essa resposta abre espaço para um momento pedagógico valioso: a partir dela, pode-se conduzir uma discussão sobre a relação entre força e movimento, destacando o papel da velocidade inicial como resultado da força aplicada. Isto porque, muito embora a força impressa pelo canhão tenha um papel fundamental, é necessário saber apenas a velocidade inicial do projétil – duas grandezas relacionadas, mas diferentes entre si.

Nesse sentido, é importante reforçar, especialmente em sala de aula, a importância de errar para acertar. Os alunos devem entender que o erro é uma parte do processo, e não o final. Para Torre (2007), quando o erro é interpretado como um resultado final, a ação de errar vem carregada de conotações negativas, como uma falha irreversível, uma vergonha. Mas, pelo contrário, “se for considerado em sua vertente processual, como procedimento ou mudança para algo, o erro adquire uma dimensão construtiva e criativa.

Na mesma pergunta, foram recebidas no total 65 respostas dizendo que sim, era possível calcular a distância final ou a altura que ele alcança. As respostas puderam ser divididas em 4 classes:

- **“É possível calcular, mas não sei como”**

No 9ºA, 13 das 37 respostas sabiam que sim, era possível descobrir o alcance e altura máxima, mas não conseguiram justificar como fazer isso. Dois alunos responderam apenas “sim”, deixando a resposta sem justificativa. Outros oito alunos responderam de forma prolixa, repetindo a pergunta, conforme a descrição: “Sim, se conhecermos a trajetória de um projétil, podemos calcular tanto a distância horizontal quanto a altura máxima que ele alcança” ou apenas justificando que é necessário uma fórmula “Sim, utilizando fórmulas para a resolução do problema”. Dois responderam que sim, mas não sabiam como e a aluna A21 respondeu “Sim, com os *cara inteligente que sabe dessas coisa*”.

Essa última resposta é notável porque revela, não apenas uma falta de compreensão da situação, como também um afastamento entre si mesmo e o saber científico. Ao atribuir às explicações para “os *cara inteligente que sabe dessas coisa*”, a aluna entende que saber Física, ou resolver uma questão cotidiana, cabe apenas a um grupo de pessoas naturalmente capazes de entender conceitos físicos e matemáticos. Com isso, o conhecimento



científico deixa de ser visto como algo construído e sim um conceito inalcançável pelas massas, possível apenas para indivíduos com inteligência acima da média.

De forma geral, essa imagem muito rígida e imutável da ciência e do cientista, ainda prevalece. Esse fato, observado mundialmente, é descrito pelos autores Buske, Bartholomei-Santos e Temp no artigo “A visão sobre cientistas e ciência presentes entre alunos do Ensino Fundamental”, publicado em 2015. Após suas observações com 70 alunos de turmas de 6º ano no Rio Grande do Sul, eles concluíram que, embora as análises feitas ao redor do mundo tenham sido realizadas com crianças de diferentes realidades econômicas e socioculturais, a visão estereotipada dos cientistas e da ciência já está presente em alunos iniciando o Ensino Fundamental II.

Essa perspectiva, apesar de comum, é prejudicial para o avanço da ciência. Para os autores Buske, Bartholomei-Santos e Temp (2015), estereotipar o cientista traz um viés perigoso já que isso pode afetar a percepção dos indivíduos sobre a profissão e o profissional – algo que pode se perpetuar ao longo da vida escolar e influenciar no interesse dos alunos pela escolha profissional. Além disso, sob a perspectiva de Cachapuz (2005),

Frequentemente insiste-se, explicitamente, em que o trabalho científico é um domínio reservado a minorias especialmente dotadas, transmitindo expectativas negativas para a maioria dos alunos, e muito em particular, das alunas, com claras discriminações de natureza social e sexual: a ciência é apresentada como uma actividade eminentemente “masculina”.

Já no 9ºB, foram recebidas 9 respostas que acreditavam ser possível calcular, mas sem explicar muito bem. Um aluno respondeu apenas “sim”. Três das nove respostas diziam que era possível fazê-lo utilizando cálculos ou fórmulas físicas, como a resposta “Sim, calculando”. Outras três respostas afirmaram que só era possível calcular a distância final, com a mesma justificativa, através de cálculos. Segundo a descrição “A distância final, usando uma fórmula da física”. Um aluno respondeu, afirmando que “Sim, olhando a altura máxima que ele chega” e mais um aluno respondeu de forma prolixa, repetindo aspectos das perguntas.

Para ambas as turmas, é possível perceber que os estudantes reconhecem a importância das relações matemáticas para o estudo dos movimentos, mas não conseguem estabelecer uma relação concreta a esse respeito. Isso demonstra que existe um reconhecimento do saber científico, mas não uma apropriação significativa dele. Aqui, tem-se um estágio intermediário de compreensão: os alunos não estão completamente alheios, mas não dominam o conteúdo o suficiente a ponto de explicá-lo.

Vê-se que, aqui, os alunos entraram na Zona de Desenvolvimento Proximal. Carvalho (2013), descreve essa zona como “o conjunto de conhecimentos e habilidades que a pessoa potencialmente pode aprender, mas ainda não completou o processo, porém tem grande probabilidade para atingir com a orientação de outro”. Então, é possível introduzir os conteúdos que os alunos sabem que é necessário, mas ainda não conseguem desenvolvê-lo.

- **“Não é necessário calcular, porque sabendo a trajetória, podemos medir a altura e o alcance”**

Nesse caso, os alunos assumem que conhecer a trajetória do projétil é a mesmo de já conhecer todos os pontos da parábola. A partir disso, portanto, deve-se apenas medir onde o objeto caiu e o ponto mais alto por onde ele passou. Cinco alunos do 9ºA e sete alunos do 9ºB responderam dessa forma. Destacam-se as respostas: “Sim, com uma calculadora e uma régua”, “Sim, porque a trajetória já vai mostrar”, “Sim, comparando sua trajetória com seu ponto de disparo” e “Sim, podemos fazer isso medindo com uma árvore, assim medindo a árvore e a colocando deitada nós podemos medir a distância que ela chegou a bola”.

A última resposta se mostra curiosa porque o aluno pensou em formas de fazer a medição sem o uso de instrumentos regulares como réguas e trenas. Essa abordagem revela que o estudante estabeleceu um raciocínio capaz de propor uma solução prática, mesmo que o indivíduo não domine o saber científico e técnico. Além disso, o estudante utilizou estratégias que revelam uma solução empírica. Aqui, é possível iniciar uma discussão sobre precisão, unidades de medida e instrumentos científicos.

- **“É possível calcular, mas para isso é necessário conhecer algumas grandezas físicas”**

A terceira categoria de respostas afirma que é possível saber o alcance e a altura máxima, contanto que você saiba algumas grandezas físicas relacionadas. Diversos alunos deram respostas diferentes, que foram reunidas na Tabela 2 abaixo. Nesta tabela, reuniu-se todas as grandezas listadas e quantos alunos a citaram.

Tabela 2: Relação de alunos e grandezas relevantes para o cálculo do problema.

	Número de alunos que julgaram a grandeza necessária para encontrar o alcance e altura máxima		
Grandezas consideradas necessárias	9ºA	9ºB	Total
Grandezas relacionadas à Cinemática			
Velocidade do projétil	5	6	11

Aceleração do projétil	3	2	5
Aceleração da gravidade	3	1	4
Velocidade inicial do projétil	1	2	3
Tempo do movimento	3	0	3
Velocidade do vento	0	1	1
Grandezas relacionadas à Dinâmica			
Força exercida no projétil	5	3	8
Massa do projétil	3	0	3
Força do vento	2	0	2
Força da gravidade	0	1	1
Instante em que o projétil parou de exercer força	1	0	1
Peso do canhão	1	0	1
Polimento no interior do canhão e do projétil	1	0	1
Grandezas relacionadas ao <i>design</i> do Movimento			
Ângulo de lançamento	2	1	3
Posição inicial do projétil	0	2	2
Posição do canhão	1	0	1
Grandezas desprezíveis			
Ricochete do tiro	1	0	1
Rotação da Terra	1	0	1
Hora do dia	1	0	1

Fonte: A autora, 2025.

É interessante notar, com essas respostas, o raciocínio dos alunos. Em relação às grandezas relacionadas à Cinemática, todas estão relacionadas ao Movimento Oblíquo. Muitos alunos (11) conseguiram relacionar a velocidade do projétil como necessária para encontrar o ponto final. No entanto, muito menos alunos (3) conseguiram perceber que, além da velocidade, é necessário considerar o tempo de voo, para saber o ponto em que o objeto parou. É possível perceber também a presença da grandeza aceleração do projétil (5). Sob

essa perspectiva, nota-se que com “aceleração do projétil” eles acreditam que o objeto está sendo acelerado durante todo o trajeto. De certa forma, a bala de canhão é acelerada, mas, essa aceleração é impressa pela gravidade, e não pelo canhão, como eles pensaram.

Percebe-se a mesma perspectiva no que se refere às grandezas relacionadas à Dinâmica. Nessa situação, muitos alunos (8) acreditam que, para saber os parâmetros do movimento, é necessário saber a força exercida no projétil. É evidente que essas grandezas são importantes e influenciam no movimento. No entanto, não há força exercida pelo canhão agindo no objeto durante o movimento.

Essa foi uma ideia comum entre os estudantes do Ensino Fundamental: a força e aceleração são necessárias para manter o movimento. No Movimento Oblíquo, a força exercida sobre o projétil é apenas a força gravitacional, que puxa a bala de canhão para baixo. Do ponto de vista científico, sabe-se que durante o movimento, não há forças ou aceleração auxiliando na trajetória parabólica – apenas a ação gravitacional. Nessa perspectiva, é possível notar que os alunos ainda não conseguem diferenciar essas três grandezas, característica principalmente evidenciada na resposta “instante em que o projétil parou de exercer força”, na qual o aluno confunde velocidade no eixo Y com força.

Destaca-se, também, a resposta “força do vento”. Embora seja um parâmetro que influencia na trajetória do projétil, ao estudarmos o Movimento Oblíquo essa questão é comumente ignorada. Apesar disso, no nosso cotidiano, a força do vento e a resistência do ar são fundamentais para determinar com precisão o movimento estudado. Além disso, percebe-se que, muito embora o “polimento no interior do canhão e da bala”, “ricochete do tiro” e o “peso do canhão” não pareçam grandezas relacionadas ao movimento, consegue-se perceber o raciocínio do aluno nessa resposta. Afinal, se o canhão não está bem polido em seu interior, há muito atrito entre o cano e o projétil e a trajetória é afetada. No entanto, isso altera a velocidade inicial da bala e, para descobrir o alcance e a altura máxima, isso não é relevante.

É importante comentar também que alguns alunos conseguiram perceber que as condições iniciais do problema são fatores importantes para determinar a trajetória: o ângulo de lançamento, e as posições iniciais do projétil e do canhão. Outros reconheceram parâmetros que não influenciam diretamente no problema, como a rotação da Terra e a hora do dia em que é feito o lançamento – todas essas grandezas são relevantes para discussão na aula seguinte.

- **“É possível calcular, utilizando fórmulas e equações”**

No 9º ano A, alguns não lembraram o cálculo completo. “Sim, calculando a distância final,  $S = S_0 + a \dots$  Eu não sei o resto do cálculo...” Outros cometeram pequenos erros na fórmula “Sim, podemos fazer isso calculando com a fórmula ‘ $v = v_0 \cdot t$ ’”. “Sim,  $S = S_0 + \Delta v + \Delta t$ ”. Mas de forma geral, todos concluíram que isso era feito utilizando a fórmula comumente chamada de sorvete “ $S = S_0 + v \cdot t$ ”.

Já no 9ºB, três alunos frisaram a importância de saber a fórmula. No entanto, diferentemente da outra turma, eles disseram que seriam utilizadas as equações para o Movimento Uniformemente Variado. Conforme descrição de aluno, “Sim, se soubéssemos as medidas, *podíamos* usar a fórmula  $S = S_0 - v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$ ”.

Nesse sentido, destaca-se que, visto as equações informadas, que eles sabem que deve ser utilizado o Movimento Uniforme e/ou o Movimento Uniformemente Variado. No momento de discussão, utiliza-se dessas respostas para destacar como o Movimento Obliquo é estudado fazendo uma composição desses dois movimentos.

#### 4.1.3 Fatores que alteram a trajetória

No terceiro item, o questionamento era se existem fatores que alterariam a trajetória desenhada e quais seriam eles. No 9º ano A, todos os alunos acreditam que sim, existem fatores que alteram a trajetória, mas dois não disseram quais fatores seriam esses. Já no 9ºB, todos os alunos responderam que sim, existem fatores e exemplificaram quais foram. É possível analisar as grandezas descritas na Tabela 3 abaixo:

Relação de alunos e grandezas que alteram a trajetória do Movimento Obliquo.

<b>Grandezas</b>	<b>Alunos do 9ºA</b>	<b>Alunos do 9ºB</b>	<b>Total de alunos</b>
Força do vento	16	15	31
Obstáculos	17	11	28
Força que o projétil é lançado	12	2	14
Resistência do ar	7	7	14
Ângulo de lançamento	7	6	13
Posição do canhão	8	3	11
Gravidade	5	6	11
Peso do projétil	3	3	6
Velocidade inicial do projétil	0	3	3
Direção do vento	1	1	2
Clima	1	1	2
Velocidade do canhão	1	0	1
Geometria do projétil	1	0	1
Material do projétil	1	0	1
Defeito do canhão	1	0	1
Efeito Magnus	1	0	1
Altitude	0	1	1
Velocidade do vento	0	1	1
Temperatura	0	1	1

Fonte: A autora, 2025.

Houve uma incidência muito grande de respostas como força do vento (31), direção do vento (2) e velocidade do vento (1). Isso é algo que os alunos costumam vivenciar em seu cotidiano, assistindo esportes e em jogos como, por exemplo, *Angry Birds* e jogos de arco e flecha. Com a incidência de vento, há mudanças na trajetória, conforme a Figura 11, que ilustra a mudança da trajetória devido a presença do vento em um jogo popular entre adolescentes.

Figura 11: Interface do jogo *Angry Birds*, com a trajetória do pássaro alterada devido à presença de ventiladores.



Fonte: Rovio Entertainment, 2025.

Uma resposta notável foi o peso do projétil (6). É muito comum que se acredite que um objeto mais pesado cai mais rápido que um objeto mais leve. Halliday (1983) diz que esse ponto de vista, comumente defendido, é aparentemente confirmado ao deixar cair uma bola e uma folha de papel, porque se observa que a bola atinge o solo antes da folha. Esse ponto de vista era defendido por Aristóteles e tido como verdade pela comunidade científica até Galileu refutá-la.

Utilizando o auxílio de um plano inclinado com duas esferas de pesos diferentes, ele percebeu que ambas chegaram ao chão ao mesmo tempo. As experiências de Galileu e outros físicos acabaram por concluir que o movimento de queda livre, em situações nas quais a resistência do ar possa ser desprezada, é um movimento uniformemente acelerado, em que a aceleração é a mesma para todos os objetos (Nussenzveig, 1997). Assim, essa diferença de tempo de queda é dada pela resistência do ar (14), cuja ação em um objeto depende de sua geometria (1) e material (1), e isso foi observado pelos alunos.

Um parâmetro que foi além do esperado foi a presença de obstáculos (28). Estudando Física, é muito raro pensar dessa forma. Isso indica que os alunos pensam o espaço como um ambiente interativo, com objetos e limites. Pensar em obstáculos mostra que os alunos não veem o movimento como uma situação desconexa da realidade, mas sim como uma situação que acontece dentro de um ambiente real, onde outros elementos podem interferir no caminho do projétil.

#### 4.1.4 Diferenças entre movimento horizontal e vertical

Na quarta questão, o questionamento principal era a diferença entre o movimento horizontal e vertical. Neste item, o objetivo era que o estudante pudesse diferenciar que a gravidade agia apenas no eixo vertical. No entanto, a maioria das perguntas apenas dizia que “o movimento horizontal é deitado e o vertical é em pé”, ou trocavam os conceitos. Percebe-se que até então os alunos não tinham percebido essa diferença, algo que deve ser tratado durante a sintetização de conteúdos.

#### 4.1.5 Movimento Oblíquo no cotidiano

A quinta questão perguntava se o aluno observa este movimento no dia-a-dia e em quais situações. Neste ponto, a questão se tornou ambígua, visto que, na questão 4, a questão era sobre as diferenças de um movimento vertical e horizontal. Então, muitos alunos responderam levando em consideração que “este movimento” não era o oblíquo, e sim o horizontal/vertical. No entanto, várias respostas foram aproveitadas.

No 9º ano A, 8 alunos não observam o Movimento Oblíquo em seu cotidiano. Já 25 alunos observam o movimento em diversas situações. Abaixo, a descrição das respostas dadas por alguns dos vinte e cinco estudantes:

A41: Sim, assistindo futebol ou jogando, pois quando Cristiano Ronaldo chuta a bola no gol, ela faz esse movimento de subir e descer. Também quando jogo o lixo fora ou jogar uma bola de papel no lixo, etc.

A13: Sim, quando eu jogo *volei*

A21: Sim, quando os meninos jogam bolinha de papel na gente

A3: Sim, entregando um objeto *à* alguém, arremessando-o.

A22: Quando os meninos pegam o estojo de Julia e jogam do outro lado da sala.

Na turma do 9º ano B, 4 alunos não observam o Movimento Oblíquo em seu cotidiano. Já 24 alunos descrevem situações cotidianas nas quais é possível observar o lançamento. Algumas descrições das respostas abaixo:

B29: Sim, ao chutar uma bola de futebol, *soutar* fogos de artifício e etc.

B20: Sim. Na formação de um *arco-iris*

B6: Quando lançamos objetos, ou a água saindo da mangueira.

B15: Sim, com uma bola ou tiro (*Free-fire*)

B14: Sim, tacando o caderno nos amiguinhos

B18: Sim, vendo alguém atirar uma bola ou meu irmão brincar com estilingue.

Todas as respostas foram bastante interessantes e basicamente todas estão no mesmo sentido: ou eles observam esse movimento em esportes, ao brincar entre si, lançando objetos e em contextos informais. Assim, percebe-se que, muito embora os alunos não tenham o movimento bem estabelecido conceitualmente, eles têm experiência e observam o movimento em seu cotidiano.



#### 4.1.6 A importância do Movimento Oblíquo

A última pergunta questionava a relevância para o cotidiano e para a Humanidade conhecer o estudo desse movimento e por quê. Na turma do 9º ano A, 8 alunos disseram que não era relevante o estudo dos movimentos. Alguns apresentaram justificativas, conforme descrições:

A26: Para o meu dia-a-dia não, pois não faz diferença alguma. Já para humanidade é importante para sabermos como *funciona* os movimentos.

A24: Não, creio que existem outras coisas mais relevantes

A18: Rapaz, depende esse movimento pode ser usado em situações que nem todo mundo vive

A41: Não, pois eu não preciso fazer cálculos ou decorar fórmulas para medir a força para jogar uma bola de basquete no aro, por exemplo.

Já 34 alunos responderam que sim.

A16: Sim, pois nos explica com clareza fenômenos que vemos em nosso *dia a dia!*

A40: Sim, para compreender melhor a física por trás de tudo

A28: Para a humanidade, porque o estudo *neste* movimento, pode ajudar nas mais diversas áreas, principalmente a astronomia.

A38: Sim, *porque* a gente usa bastante no dia-a-dia.

A19: Sim, para *passa* no *enem*

A23: *Relevancia* no *dia a dia*: esportes, engenharia civil  
humanidade: exploração espacial, desenvolvimento de tecnologias.

No 9ºB, 10 alunos responderam que não.

B2: Para o dia-a-dia isto é algo comum e não muito relevante mas em maior escala se torna uma necessidade.

B8: Não, porque *ninguém* usa

B34: Não, porque eu não quero calcular o movimento das *coisa* (mas não julgo quem queira)

E 24 alunos responderam que sim.

B3: *relevante* é interessante *pra* humanidade mas não faz diferença na minha vida

B9: Sim, porque das *proximas* vezes que você lançar o mesmo objeto, você já vai saber a trajetória que ele vai percorrer.

B12: Sim, qualquer estudo de qualquer movimento é importante.

B18: Sim. Para evoluir os estudos da física, aumentar o conhecimento das pessoas e até adivinhar onde a bola vai cair, em casos de forças militares utilizadoras dessas armas.

B19: Sim, para entendermos melhor o funcionamento da gravidade e da vida.

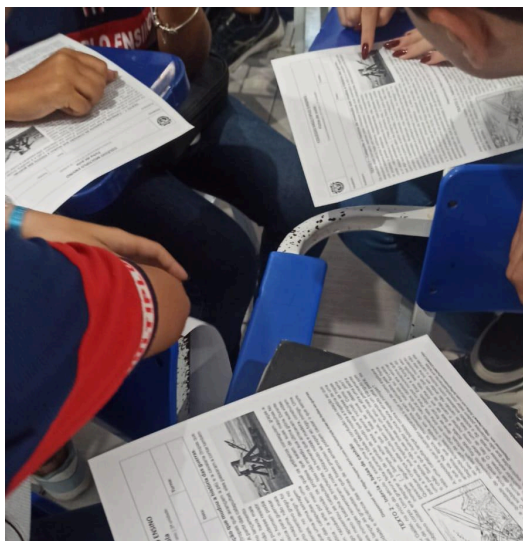
Nesse ponto, destaca-se que a argumentação dos alunos foi interessante.

Entende-se, para alguns, que há relevância do movimento para a Humanidade e o avanço da Ciência, mas eles não enxergam a importância em seu cotidiano. Destaca-se a resposta do aluno A41, que vê o movimento em seu cotidiano e sabe que para utilizá-lo em esportes ou jogos não é necessário fazer cálculos – isso é percebido empiricamente. No entanto, o contra-argumento da aluna B18 se mostra muito perspicaz, afinal, mesmo que você não precise calcular o alcance ou a distância final, ao estudar esse conteúdo, é possível fazê-lo para o “aumento de conhecimento”.

## 4.2 LEITURA DE TEXTOS E DISCUSSÕES

O momento seguinte da sequência didática foi a leitura dos textos. Os alunos foram divididos em suas respectivas turmas, formando grupos de 7 a oito alunos para leitura, como é visto na Figura 12. Foram separados dois textos, sendo um deles o trecho do artigo “Catapulta: a história da invenção que mudou a história das guerras”, escrito por Fabiano Onça e publicado pela revista Superinteressante. O outro texto foi “Inércia e balas de canhão”, escrito por Marcelo Gleiser e publicado pela Folha de São Paulo.

Figura 12: Estudantes realizando a leitura dos textos 1 e 2.



Fonte: A autora, 2025.

Após a leitura e discussão nos grupos menores, foi feita uma grande roda de conversa a respeito das leituras, na qual os alunos puderam compartilhar suas reflexões. O debate foi feito de forma livre, com apenas algumas perguntas norteadoras elaboradas pela autora. Inicialmente, os estudantes comentaram que gostaram da leitura dos textos e que havia vários tópicos abordados dos quais eles não tinham conhecimento.

Em seguida, o primeiro questionamento proposto foi relacionado com o que mais havia chamado atenção dos alunos em cada um dos dois textos. Nas duas turmas, basicamente todos os alunos destacaram nem imaginar a diferença que um aparato tão simples como uma catapulta pudesse ter feito alguns povos ganharem guerras. Outro ponto destacado por eles foi descobrir que Aristóteles tinha concebido uma ideia, em suas opiniões, tão claramente equivocada sobre o Movimento Oblíquo.

O segundo questionamento abordou a importância da catapulta na história das guerras. Vários alunos comentaram que, após essa invenção, o ser humano não precisou mais depender de força ou habilidade física. Alguns disseram que a catapulta funcionava como uma forma de “nivelar” as batalhas, já que possibilitava atingir alvos a grandes distâncias,

mesmo que os soldados não tivessem força suficiente para arremessar objetos pesados. Outros discordaram totalmente da última afirmação: afinal, o início do uso de armamento foi o que iniciou um histórico de guerras desiguais.

Depois, perguntou-se: “Vocês imaginam que era fácil calcular onde a pedra ia cair naquela época? Por quê?” A maioria dos alunos disse que era mais difícil calcular com precisão porque não tinha como saber precisamente a distância e o cálculo do tempo era mais complicado. Com esse comentário, é possível perceber que os alunos entendem a importância dos instrumentos de medida para realizar cálculos precisos. Apesar disso, outros alunos contra-argumentaram que para conseguir acertar o alvo, você não precisa, necessariamente, fazer cálculos: assim como, para acertar uma bola de basquete no cesto, você precisa de prática e observação empírica.

Em seguida, discutiu-se sobre a ficha impressa. Foram escaneados alguns dos desenhos e mostrados em um datashow, com o seguinte questionamento: “Por que algumas trajetórias são diferentes de outras?”. Várias respostas foram recebidas:

“Ah, porque cada pessoa pensou de um jeito, né?”

“Depende da força do tiro, se for mais forte, vai mais longe.”

“Não sabia direito como desenhar, só tentei lembrar como é em jogo ou filme.”

Essas diferenças indicam que, mesmo reconhecendo o formato parabólico da trajetória, os alunos têm interpretações variadas sobre o alcance e a curvatura do movimento.

Esse momento de leitura, discussão e reflexão em grupos é, para Bender (2014) essencial no processo de ensino-aprendizagem, especialmente no que se refere à Aprendizagem Baseada em Projetos. Segundo ele, o pensamento reflexivo não é algo que deve acontecer após o projeto, mas desde o primeiro dia da aplicação da sequência. Além disso, o autor também afirma que nesse processo os professores devem desempenhar o papel de facilitadores

### 4.3 APLICAÇÃO DO HIPERTEXTO

Após as leituras e discussões feitas em sala de aula, foi passado para casa a leitura do hipertexto “Movimento Oblíquo”, o produto educacional em questão. No hipertexto, os alunos deveriam completar a leitura que eles iniciaram em sala. Em seguida, assistir ao vídeo “Movimento Oblíquo, uma breve demonstração”. Após assistir o vídeo, os alunos leram sobre o Método Científico e criaram uma hipótese possível de ser testada no PhET; em seguida, compartilhar sua ideia no Padlet, disponível em <http://pt-br.padlet.com>. Na aula seguinte, debateu-se o hipertexto.

Durante o debate, notou-se que poucos alunos haviam feito o hipertexto de forma completa – muitos apenas viram o vídeo, alguns terminaram a leitura dos textos e apenas uma aluna compartilhou suas ideias no Padlet. Com o auxílio de um computador e um datashow, o hipertexto foi espelhado para que todos os alunos pudessem participar. Iniciou-se com a apresentação dos conceitos trazidos pelo Método Científico.

#### **4.3.1 Sobre o método científico**

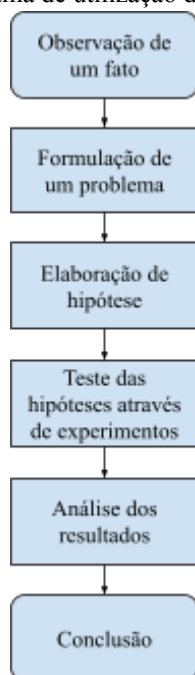
Sob a perspectiva das autoras Marly Aparecida Giraldelli Marsulo e Rejane Maria Ghisolfi da Silva no artigo “Os métodos científicos como possibilidade de construção de conhecimentos no ensino de ciências”, o método científico tradicional é caracterizado como rígido e tecnicista. Para elas,

Na observação científica, tradicionalmente, procura-se seguir o rigor e a precisão. Neste contexto, a definição dos objetivos pode assumir um caráter metódico e os procedimentos de observação podem ser os mais variados, desde o uso apenas dos sentidos, até o uso de instrumentais. Todavia, tem-se que admitir um certo grau de imprecisão, pois quem olha, olha alguma coisa, e os olhares não são todos iguais. Cada um percebe diferentes nuances nos objetos (MARSULO; SILVA, 2005).

É importante comentar que a ciência é formada por várias concepções tidas como certas que, logo em seguida, são provadas erradas (MARSULO; SILVA, 2005). É imprescindível que o aluno perceba que a concepção de que a ciência é um conjunto de verdades se prova errada diversas vezes. Assim como no texto “Inércia e balas de canhão”, o movimento que era teorizado de uma forma, foi provado como tendo outra trajetória completamente diferente. O estudante e a sociedade precisam compreender que a ciência é uma contribuição de diversos indivíduos, que erram e acertam e que a comprovação científica não significa uma verdade absoluta.

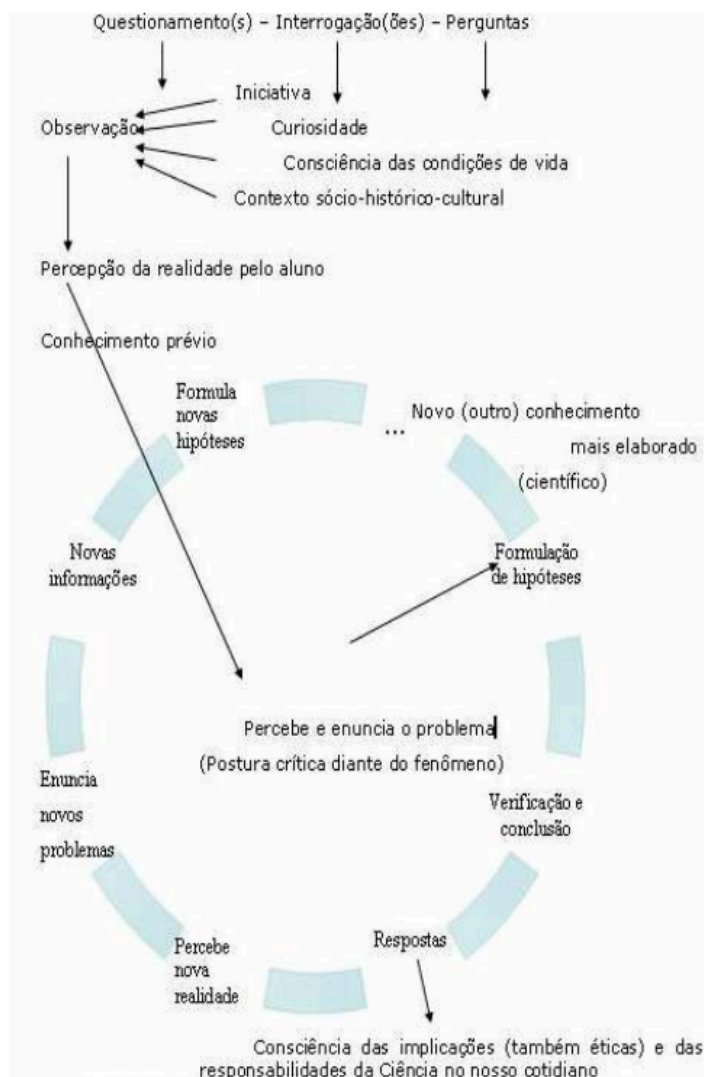
Apesar disso, alguns dos preceitos estabelecidos pelo método científico tradicional ainda são base para novos modelos de método científico, conforme mostram as Figuras 13 e 14 abaixo.

Figura 13: Fluxograma de utilização do Método Científico.



Fonte: A autora, 2015. Adaptado de Marsulo e Ghisolfi.

Figura 14: Fluxograma de utilização de um Método Científico modificado por Marsulo e Silva.



Fonte: Marsulo e Silva, 2005.

Percebe-se que, embora sejam métodos diferentes, eles utilizam do mesmo processo: observação, formulação de problemas e hipóteses e verificação das hipóteses. Assim, foi passado o texto “Método científico” do site Mundo Educação, publicado por Stéfano Araújo Novais. O texto, apesar de tratar sobre o método de forma mais rígida e tradicional, traz abordagens filosóficas e históricas. Além disso, sua linguagem acessível foi fundamental para escolha.

#### 4.3.2 Utilizando o PhET: Movimento de Projétil

Em seguida, iniciou-se a manipulação na ferramenta PhET Colorado, com a simulação Movimento de Projétil. Antes de começar a simular, fez-se uma lista de tudo o que eles imaginaram que iria acontecer ao alterar os parâmetros disponíveis na plataforma: o tipo de projétil (bala de canhão, obus, bola de golfe, bola de beisebol, bola de futebol americano,

abóbora, ser humano, piano e carro), a velocidade inicial, o ângulo de lançamento e a presença de resistência do ar. As hipóteses foram muito semelhantes nas duas turmas, então a discussão será unificada em uma única turma.

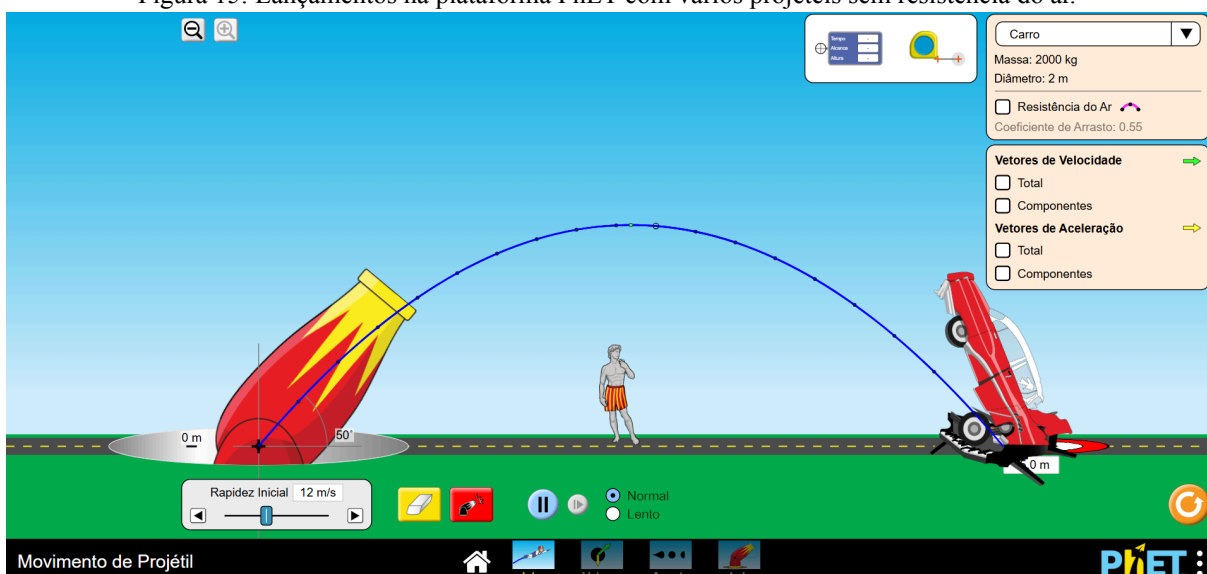
Em relação ao tipo de projétil, as principais hipóteses levantadas pelos estudantes foram:

“O projétil mais leve vai mais longe”

“O projétil mais pesado vai menos longe e menos alto”

Após anotar as teses, fizeram-se os experimentos, jogando todos os projéteis, observado na Figura 15 abaixo:

Figura 15: Lançamentos na plataforma PhET com vários projéteis sem resistência do ar.



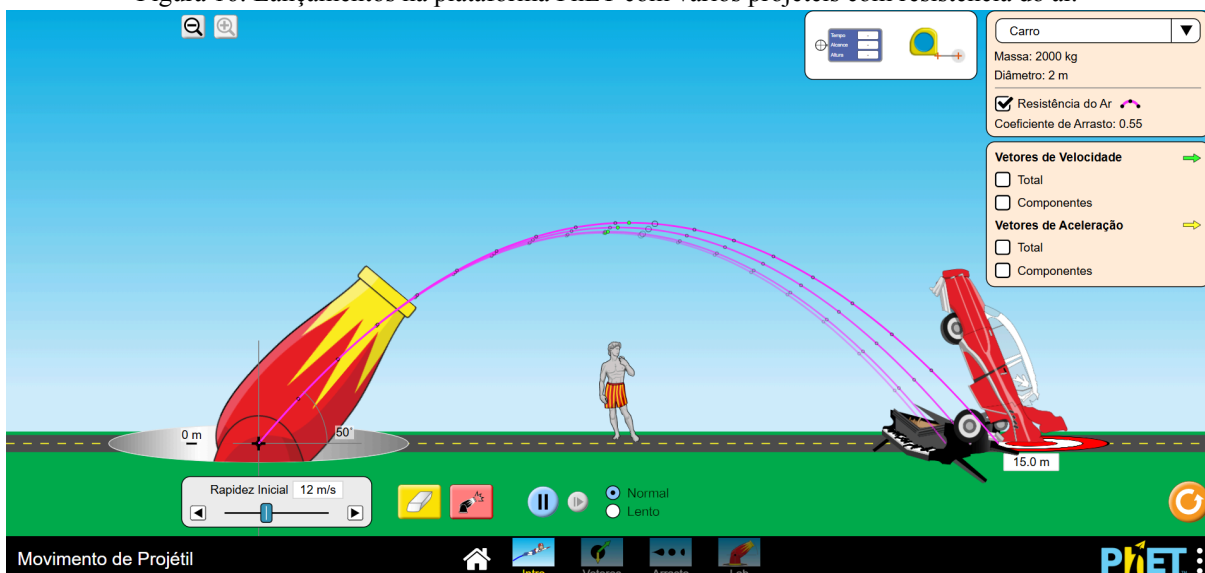
Fonte: University of Colorado Boulder, 2025.

Muitos alunos não entenderam o motivo pelo qual todos os objetos caíram no mesmo local. Essa dificuldade evidencia o esquema mental criado pelo aluno, conforme discutido por Moreira (1999). Observando seu cotidiano, ele vê que objetos mais pesados têm alcances menores, mas ele não percebe que isso acontece devido a resistência do ar – até porque não é possível retirar completamente a resistência do ar no cotidiano. O experimento serviu como ponto de partida para discutir a independência da massa e forma no Movimento Obliquo ideal e para contrastar o modelo teórico com as percepções intuitivas que os alunos trazem de suas experiências cotidianas.

Logo em seguida, houve o questionamento “por que eles param no mesmo lugar?” e nas duas turmas houve alunos que responderam que era devido a ausência da resistência do ar. Para testar a segunda hipótese, fez-se lançamentos com arrasto, conforme Figura 16. Inicialmente, foram lançados a bola de golfe, em seguida a abóbora e depois o piano, confirmando a hipótese de alguns dos estudantes: os mais leves tinham maior alcance e

maior altura. No entanto, surgiram dúvidas quando lançou-se o carro: ele chegou mais longe e mais alto. No 9ºB, um estudante perguntou se o fenômeno estaria relacionado à aerodinâmica do objeto, considerando que o carro, sendo o mais aerodinâmico, alcançava maior distância. Após seu comentário, os outros alunos concordaram e disseram que de fato poderia estar relacionado.

Figura 16: Lançamentos na plataforma PhET com vários projéteis com resistência do ar.



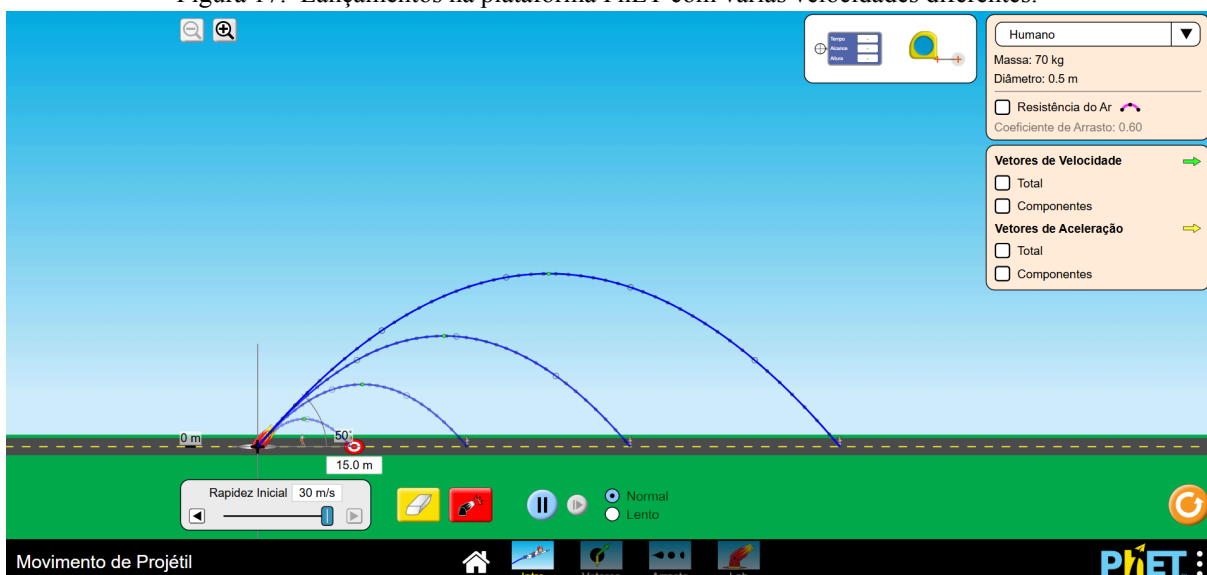
Fonte: University of Colorado Boulder, 2025.

Aqui, deu-se início a uma discussão interessante: o que é aerodinamismo e qual sua importância no cotidiano. Alguns alunos relacionaram o termo com objetos que “cortam o ar” mais facilmente, como aviões, carros de corrida e a bola de futebol americano, por exemplo. Outros mencionaram que a forma aerodinâmica ajuda a reduzir a resistência do ar, permitindo que o objeto se mova mais rápido ou alcance distâncias maiores. Essas hipóteses confirmam-se ao observar a equação 18.

Depois das experimentações com os objetos, fez-se com a velocidade. A principal hipótese de todos foi que “Aumentando a velocidade inicial, aumenta a altura máxima e o alcance do projétil”. Para isso, fez-se o experimento sem arrasto com o mesmo objeto: o humano, às velocidades de 12, 18, 24 e 30 m/s, conforme a Figura 17. Percebeu-se exatamente o que os alunos haviam previsto: com o aumento de velocidade, há o aumento do alcance e da altura máxima. Esse fato é, também, previsto segundo as equações 9 e 16.



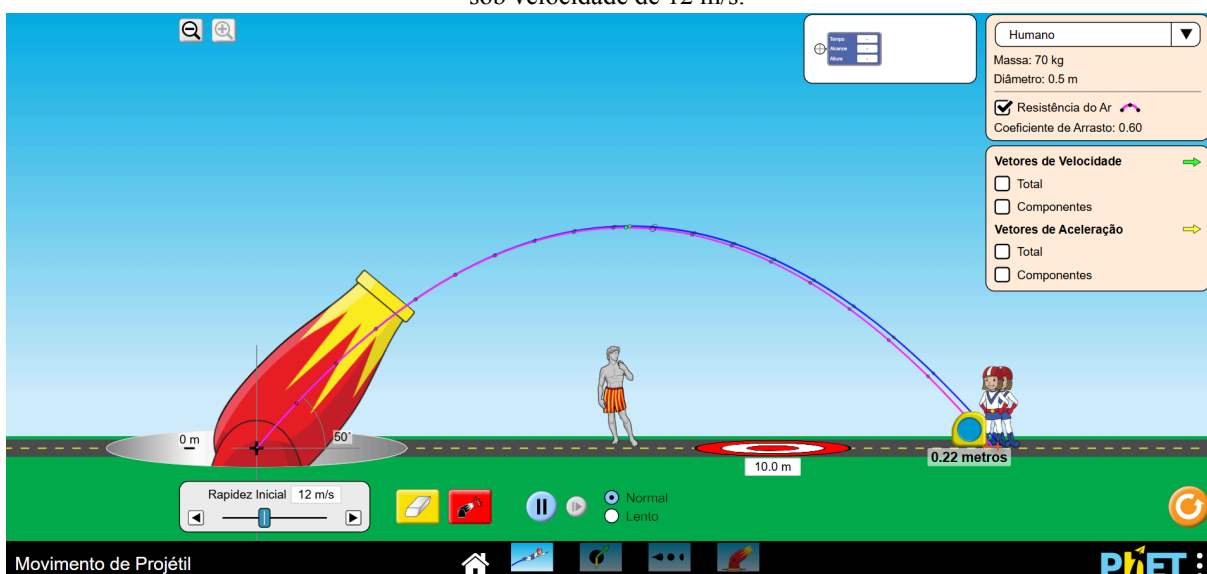
Figura 17: Lançamentos na plataforma PhET com várias velocidades diferentes.



Fonte: University of Colorado Boulder, 2025.

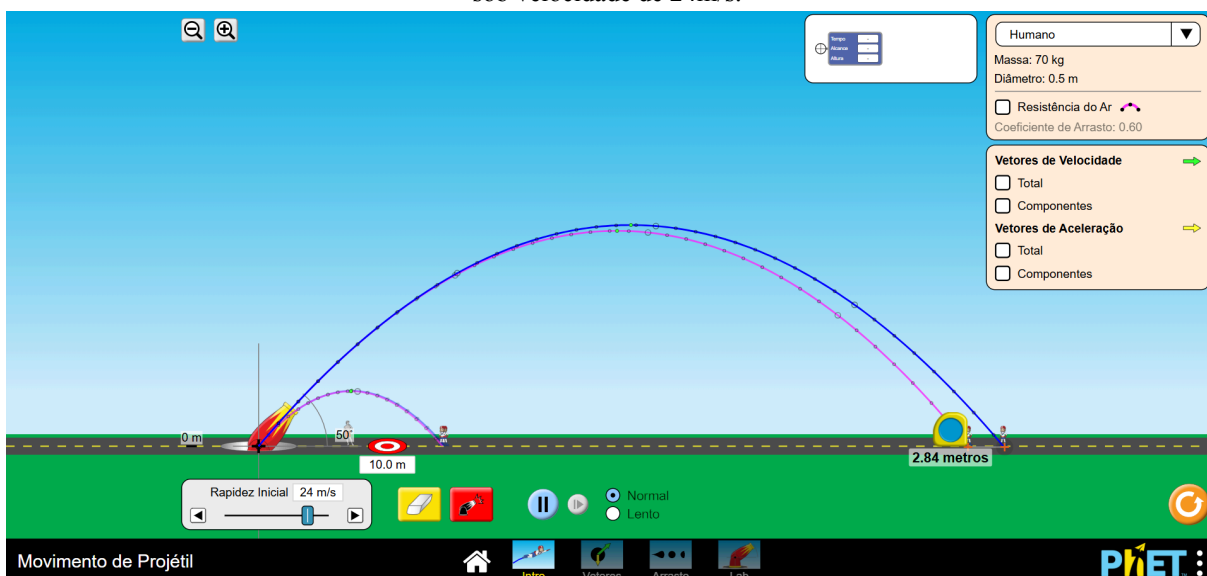
Em seguida, a autora questionou se a ação da resistência do ar era mais forte com maior ou menor velocidade. As salas dividiram-se nas respostas. Para responder às perguntas, fez-se novamente o experimento. Inicialmente, ambos humanos com a velocidade de 12 m/s (a trajetória azul sem resistência do ar e a trajetória rosa com resistência do ar), conforme Figura 18, e em seguida ambos a 24 m/s, ilustrado na Figura 19. Percebeu-se que o objeto mais rápido teve maior efeito da resistência do ar, o que é possível verificar através da equação (18). Isso também é percebido na seção arrasto da simulação, que permite a visualização dos vetores da força. A força de arrasto à velocidade 10 m/s (Figura 20) é visivelmente menor que a força de arrasto à velocidade 20 m/s (Figura 21).

Figura 18: Lançamentos na plataforma PhET sem resistência do ar (em azul) e com resistência do ar (em rosa) sob velocidade de 12 m/s.



Fonte: University of Colorado Boulder, 2025.

Figura 19: Lançamentos na plataforma PhET sem resistência do ar (em azul) e com resistência do ar (em rosa) sob velocidade de 24m/s.



Fonte: University of Colorado Boulder, 2025.

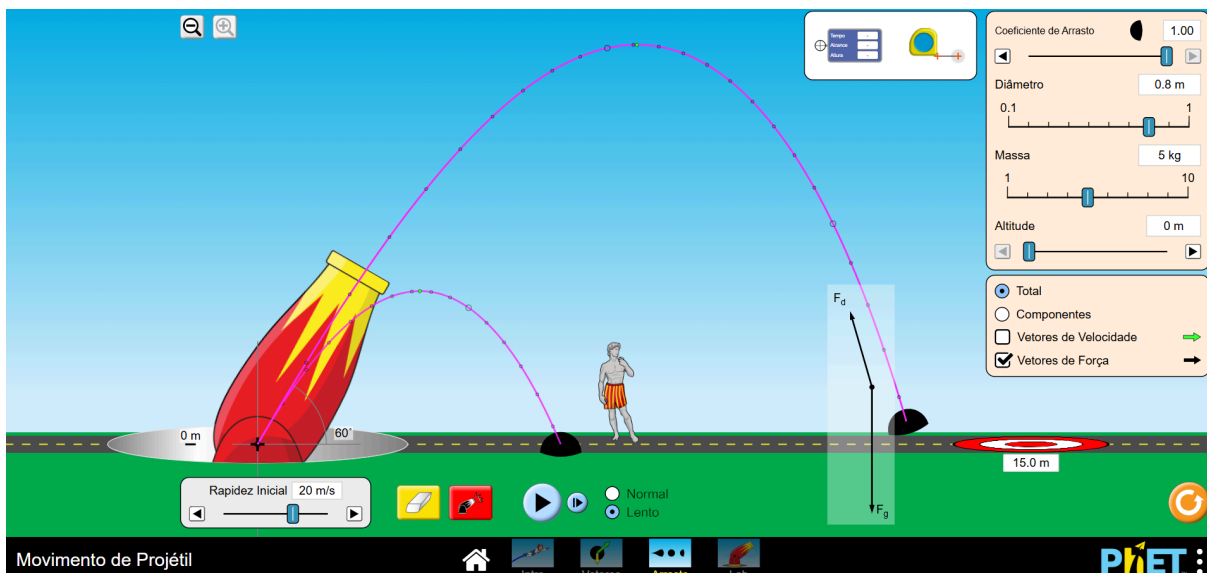
Isso pode-se explicar conforme a equação (18). Percebe-se que a força está relacionada ao quadrado da velocidade do objeto (Halliday; Resnick, 2016). Aqui, o aumento da velocidade inicial de 12 m/s para 24 m/s resultou em uma trajetória muito diferente em relação à original, já que a força da resistência do ar aumentou. Esse cálculo, não abordado no Ensino Médio, não foi discutido com os alunos. No entanto, é importante que os estudantes percebam a relação da velocidade e da área do objeto com a força de resistência do ar.

Figura 20: Lançamento de um objeto a 10 m/s e representação vetorial da força de resistência do ar que age sobre ele.



Fonte: University of Colorado Boulder, 2025.

Figura 21: Lançamento de um objeto a 20 m/s e representação da força vetorial de resistência do ar que age sobre ele.



Fonte: University of Colorado Boulder, 2025.

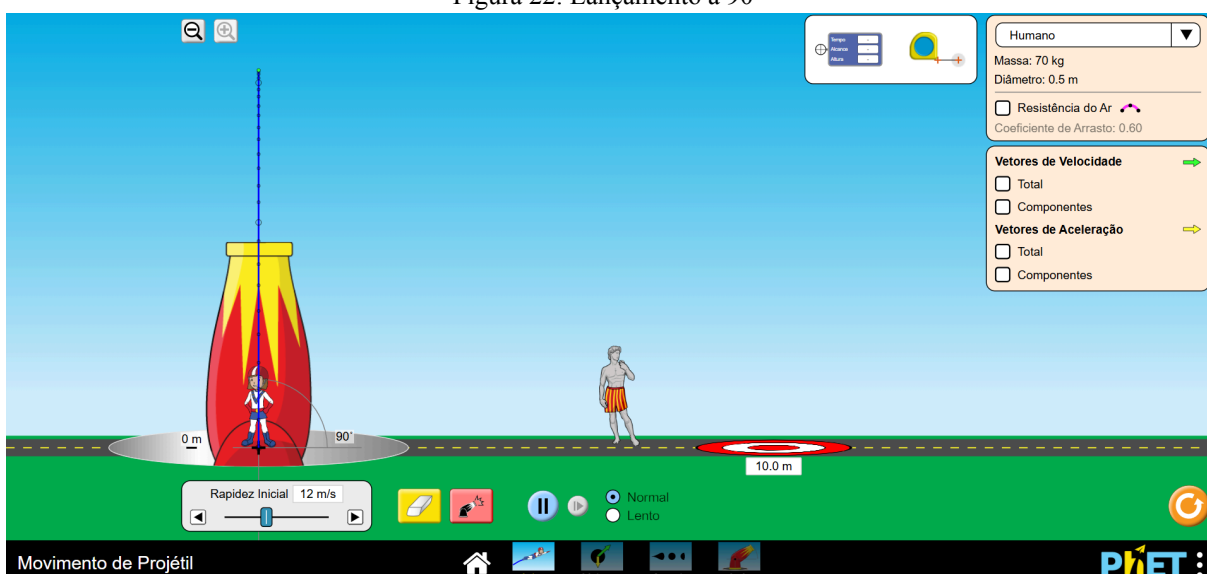
Em relação ao ângulo de lançamento, as principais hipóteses foram:

“Lançando ‘reto para cima’, o objeto vai mais alto”

“Lançando ‘reto para o lado’, o objeto vai mais longe”.

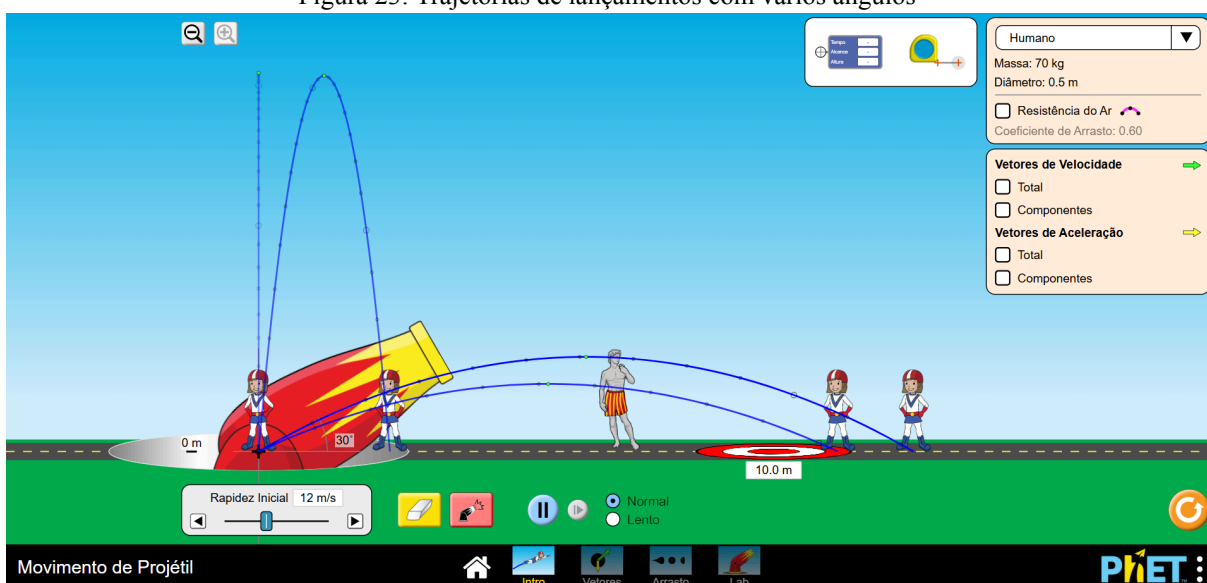
Iniciou-se o experimento lançando o projétil a 90 graus, ilustrado na Figura 22, e diminuindo o ângulo de lançamento, como na Figura 23. Os alunos perceberam que, lançado a 90 graus, a altura máxima é a maior possível e o alcance o menor possível, conforme esperado. Este resultado condiz com os princípios físicos. Isso se confirma tanto pelo lado cinemático, analisando a componente da velocidade, quanto pelo lado dinâmico, olhando sob a perspectiva da transformação de energia.

Figura 22: Lançamento a 90°



Fonte: University of Colorado Boulder, 2025.

Figura 23: Trajetórias de lançamentos com vários ângulos



Fonte: University of Colorado Boulder, 2025.

Analisando a situação através do estudo da velocidade, a componente da velocidade no eixo vertical,  $v_y$ , é dada através do seno do ângulo de lançamento, conforme equação (6). Ao lançar sob um ângulo de 90 graus, o seno assume seu maior valor possível, e portanto há o maior valor possível da velocidade vertical. De acordo com a equação (17), quanto maior a velocidade inicial, maior a altura final. Portanto, a hipótese estabelecida pelos alunos pode ser considerada correta.

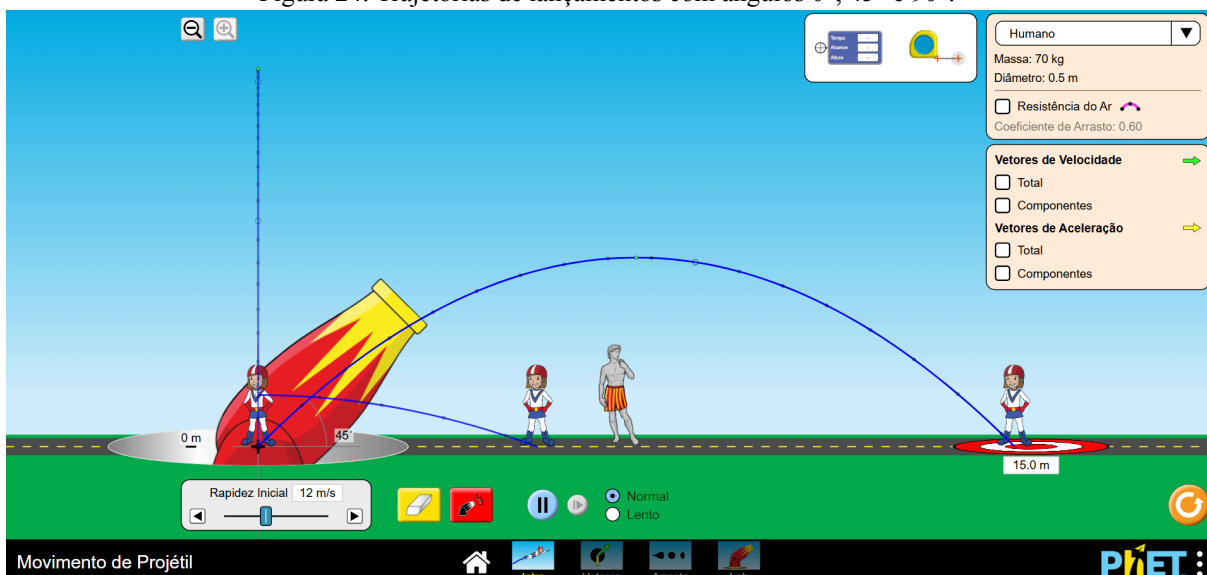
Sob o ponto de vista energético, ao lançar o objeto para cima, sob um ângulo de 90 graus, toda a energia cinética inicial é convertida em energia potencial gravitacional,

resultando em uma trajetória vertical. No caso da simulação, é possível encarar o movimento como conservativo: onde a energia mecânica permanece constante em todos os pontos da trajetória. Assim, no ponto mais alto, a velocidade é nula e, no ponto mais baixo, a velocidade é a maior possível (Halliday; Resnick, 2016).

No entanto, ao lançar a 0 graus, como na Figura 24, o objeto caiu muito próximo ao canhão. Alguns alunos argumentaram que isso acontecia devido à gravidade, “que puxava o projétil para o chão mais rápido”. Durante a discussão, afirmou-se que isso não acontece porque o projétil é puxado mais rápido e sim em menos tempo. Como o projétil está muito próximo do chão, ele leva menos tempo para alcançá-lo, conforme equação (15).

O experimento demonstrou que tanto um ângulo muito elevado quanto um ângulo muito baixo resultam em alcances horizontais limitados, por razões distintas: no primeiro caso, pela ausência de componente horizontal de velocidade e no segundo, pela ação da gravidade que encurta o tempo de voo. Então, perguntou-se aos alunos “qual o ângulo ideal para que o projétil vá o mais longe possível?”. Antes mesmo de fazer os experimentos, diversos alunos responderam que “na metade”, isto é, a  $45^\circ$ , conforme imagem abaixo. Sob este ângulo, o tempo de voo e a velocidade horizontal é maximizado. Isto é possível perceber através da equação (17), na qual o alcance depende do  $\sin(2\theta)$ , que atinge o maior valor possível quando  $\theta = 45^\circ$ .

Figura 24: Trajetórias de lançamentos com ângulos  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  e  $90^\circ$ .



Fonte: University of Colorado Boulder, 2025.

Durante a simulação de movimentos, os alunos se mostraram muito interessados, participando e sugerindo quais variáveis modificar. A simulação permitiu que os estudantes testassem, de forma visual e interativa, as hipóteses que haviam formulado anteriormente. A

análise dos dados mostrados no experimento, através da observação das alturas máximas, distâncias horizontais e tempo de voo, permitiu aos alunos não apenas refutar algumas de suas hipóteses iniciais, mas também desenvolver uma compreensão mais completa sobre como diferentes ângulos de lançamento afetam as características da trajetória de um projétil.

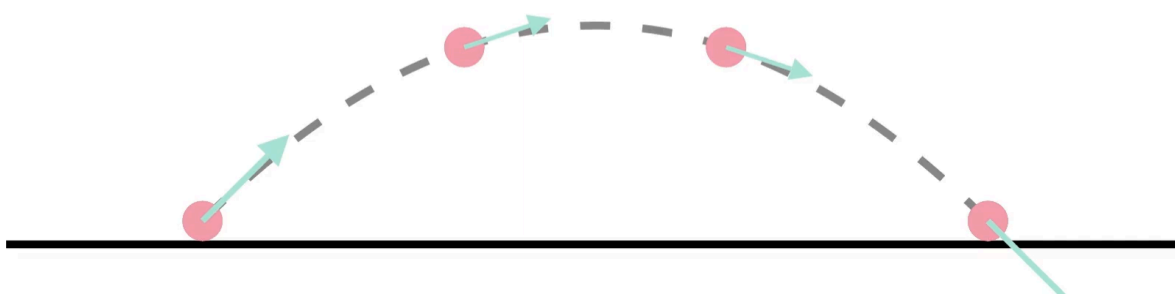
Neste momento da aplicação da sequência didática, seguiram-se as etapas do Ensino por Investigação. De acordo com a autora Carvalho (2013), houve o problema que estava envolvido na cultura social dos alunos, o pensamento e, por fim, a etapa de sistematização das hipóteses levantadas.

Após a testagem das hipóteses, os alunos pediram para brincar de alcançar o alvo. Fez-se o jogo mantendo o ângulo constante e alterando a velocidade e, em seguida, mantendo a velocidade constante e alterando o ângulo. Depois de alguns minutos de teste, os alunos conseguiram alcançar o alvo. Em seguida, o desafio foi lançado: “se só houvesse uma tentativa, como acertaríamos o alvo com precisão?”. Para responder essa pergunta, partimos para o terceiro ponto do hipertexto: o vídeo.

#### 4.3.3 Calculando alcance e altura máxima com precisão

O vídeo foi elaborado pela autora no *Visual Studio Code*, um *software* de programação. Nele, utilizou-se a biblioteca *Manim* para gerar a animação. Durante o vídeo, explica-se o conceito de Movimento Oblíquo, mostrando o lançamento e trazendo alguns detalhes sobre ele, conforme a Figura 25.

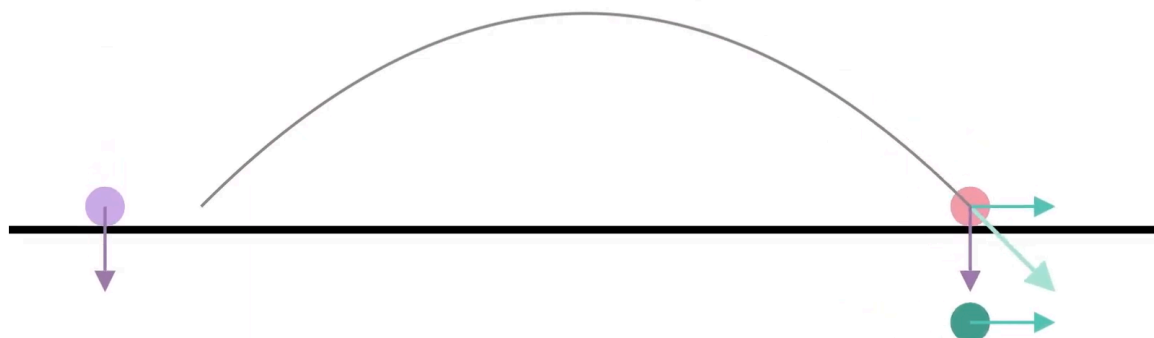
Figura 25: *Frame* do vídeo “Movimento Oblíquo, uma breve demonstração”.



Fonte: A autora, 2025.

Em seguida, iniciou-se a discussão sobre a decomposição dos movimentos, conforme a Figura 26. Nesta parte do vídeo, a esfera divide-se de forma a perceber uma bolinha realizando um Movimento Uniforme (em verde) e a outra um Movimento Uniformemente Variado (em lilás). Enfim, o vídeo destrincha o Movimento Uniforme, tratando seus aspectos de forma física e matematicamente, situação ilustrada na Figura 27.

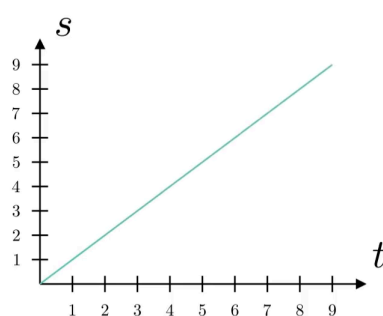
Figura 26: *Frame* do vídeo demonstrando a decomposição de movimentos.



Fonte: A autora, 2025.

Figura 27: *Frame* do vídeo demonstrando o Movimento Uniforme no eixo horizontal.

Movimento Uniforme



$$s = v_x t$$

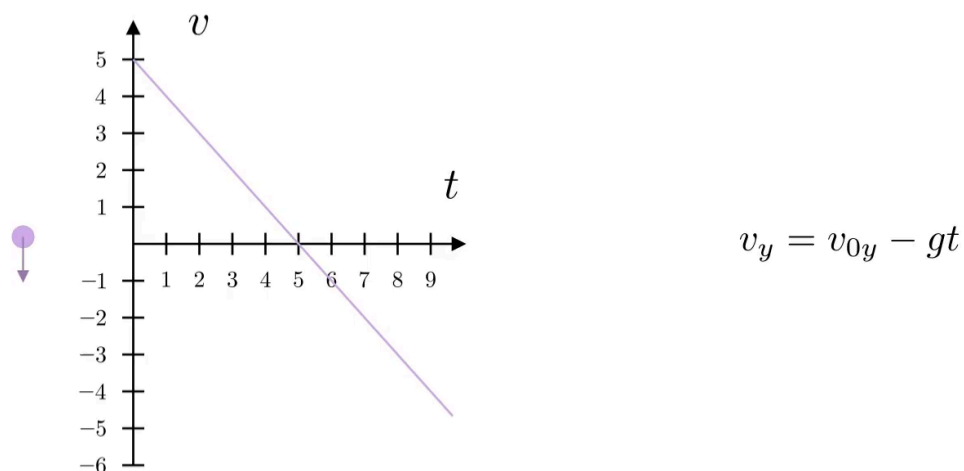


Fonte: A autora, 2025.

Após a análise do movimento no eixo horizontal, faz-se a mesma análise no eixo vertical. Neste caso, observa-se primeiro o tratamento da velocidade. O projétil, nesta situação, inicia com velocidade máxima. No entanto, com a gravidade contra a velocidade, o objeto é desacelerado até parar, no seu ponto mais alto. Em seguida, ele acelera em sentido contrário, ou seja, em direção ao chão. No vídeo, essa situação é detalhada e mostrada, também, no gráfico, conforme ilustra a Figura 28.

Figura 28: *Frame* do vídeo demonstrando a velocidade no eixo vertical

### Movimento Uniformemente Variado

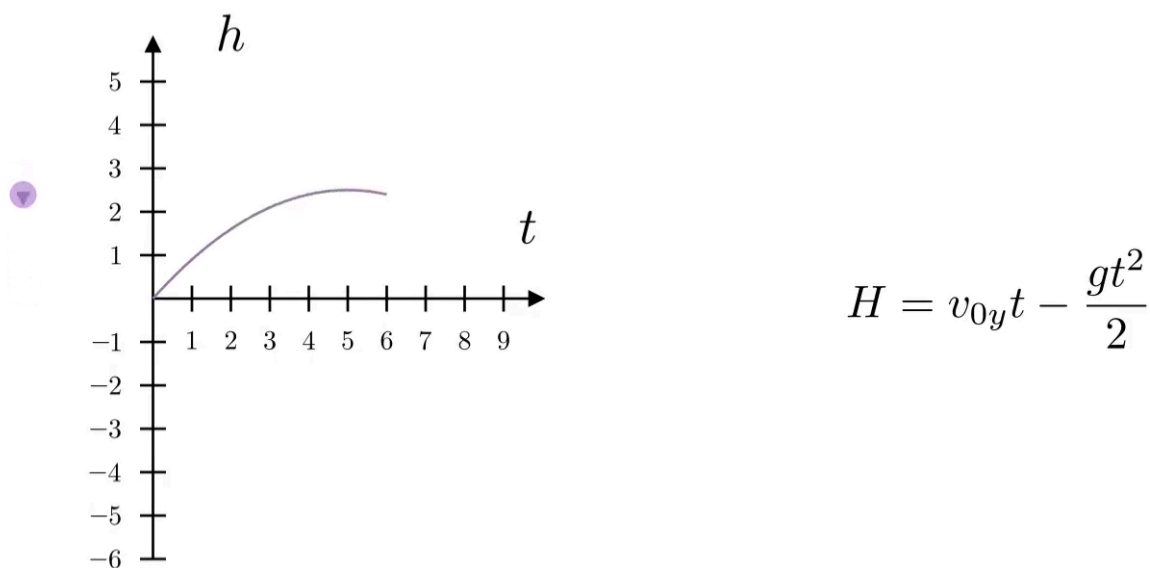


Fonte: A autora, 2025.

Em seguida, faz-se a análise das posições do projétil em relação ao eixo horizontal. Neste caso, o objeto inicia na posição  $H = 0$ , alcança sua posição máxima, e retorna à posição  $H = 0$ , obedecendo a uma função quadrática, conforme ilustra a Figura 29.

Figura 29: *Frame* do vídeo demonstrando a altura no eixo vertical.

### Movimento Uniformemente Variado



Fonte: A autora, 2025.

É importante destacar que o vídeo foi pensado para alunos da 1ª série do Ensino Médio e, por isso, ele tem um tratamento matemático tão evidente. Para a apresentação no 9º ano do EF, o vídeo foi apresentado pausando-o de forma constante, com o intuito de perguntar se os alunos estavam tendo dúvidas ou não entendendo as funções matemáticas demonstradas.



Esse passo foi indispensável para que os alunos entendessem de forma completa, tanto o movimento, como a matemática envolvida.

#### 4.3.4 Registrando hipóteses

Após a atividade, os alunos mostraram-se tão empolgados que decidiram reabrir o hipertexto e fazer tudo novamente: foi então que eles preencheram o Padlet. Infelizmente, alguns utilizaram respostas da internet ou copiaram dos colegas. Abaixo, é possível ver a descrição de algumas das respostas interessantes, inclusive um print feito por eles na Figura 30, que foram discutidas na última etapa do processo: a sintetização de conteúdo.

A12: “Boa tarde, tia.

Eu percebi que quando o canhão estiver em graus iguais ( $25^\circ$  por exemplo), mas alturas diferentes ( 0m e 10m ) o que estiver mais alto irá alcançar uma distância maior, mesmo que a inclinação (ângulo) do canhão seja a mesma. Percebi também que a resistência do ar influencia muito no deslocamento da abóbora. Anteriormente, o disparo sem a resistência do ar, chegou a 30 metros aproximadamente, e quando acionei a resistência, a mesma abóbora chegou a 26.9m.

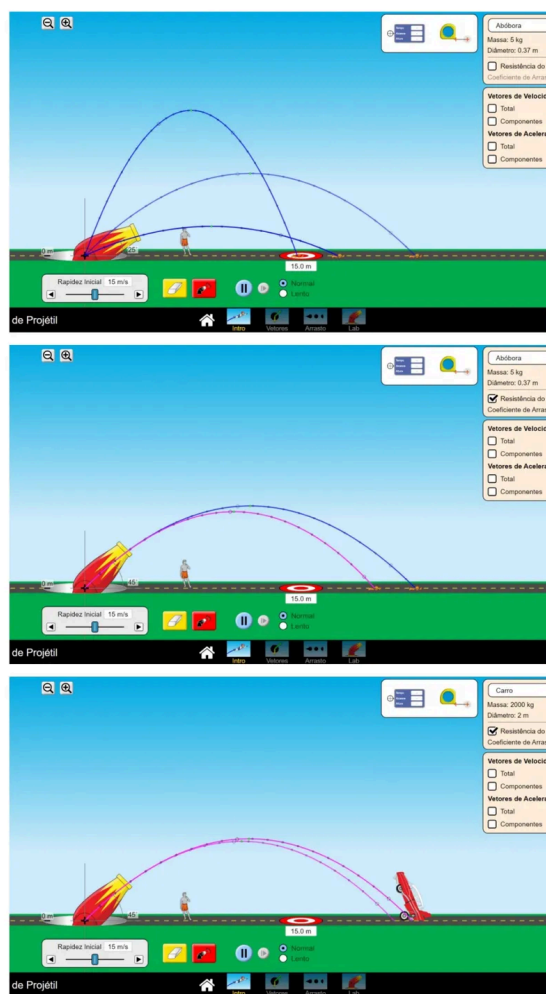
Outro fator é a massa do corpo, quando lancei a bolinha de canhão e o piano ambos atingiram o mesmo lugar, no entanto quando coloquei a resistência do ar o piano chegou 3m a menos que a bolinha de canhão, ou seja, o que vai definir que um corpo vai mais longe que o outro não é só a massa, mas sim um conjunto de fatores como a resistência do ar, a massa, a inclinação e a altura do disparo.

Por fim, a última observação foi de que a resistência do ar aumenta com o aumento da velocidade. Por exemplo, quando lancei a abóbora com velocidade a 15m/s (altura 9m com  $0^\circ$ ) e sem resistência do ar a mesma chegou a 20m, com a resistência chegou a 19m, ou seja, diferença de 1 metro. Quando aumentei a velocidade para 20m/s, sem a resistência chegou a 27m e com a resistência chegou a 25m, com diferença entre eles de 2 metros. O quero dizer é: quando aumentar a velocidade a resistência vai mudar proporcionalmente.”

A24: “Oi tia!

Observei que mudando o ângulo (sem a resistência do ar) para  $45^\circ$  a distância que a bola alcançou foi a maior comparado aos outros ângulos que testei. Acredito que quanto mais pro meio, maior é o alcance, pois muito reto a bola vai alto mas tem menos velocidade para avançar e abaixo de  $45^\circ$  a bola vai rápido pra frente mas não passa muito tempo no ar, por isso não vai longe.”

Figura 30: Registro dos lançamentos realizados no simulador pela estudante A24.



Fonte: University of Colorado Boulder, 2025.

B36: “Com a resistência do ar a bola perde força ,reduzindo a distância alcançada, já que o ar atua no sentido contrário ao movimento, sem a resistência do ar a bola vai mais longe.

A massa, se não considerar a resistência do ar, não interfere no movimento, pois mesmo com massas diferentes ambos chegam no mesmo ponto. Porém, se levar em conta esse fator, notei que um objeto com massa maior como o carro chega um pouco mais longe que a bola de golfe, que tem um peso bem menor.”

B12: “Olha só, pelo que eu andei testando percebi algumas coisinhas legais de se notar!

- O ângulo influencia de maneira interessante, sendo a maior distância possível de se bater com o ângulo de  $45^\circ$ .
- fatores como por exemplo massa e tamanho mal influenciam a distância final do objeto, mas fatores como velocidade inicial, resistência do ar e gravidade influenciam em muito o resultado final, e o fator de massa e tamanho se expande a muito mais só aquela coisinha cinza que eu não consigo fazer virar um (🚗) pois independente do objeto, caso não haja resistência do ar, nada vai mudar consideravelmente.

E... bem é só isso (:

Assunto legal e que leva muitos fatores para serem definidos.”

Alguns alunos ainda trouxeram concepções equivocadas, como “a massa do objeto interfere na distância” e “quanto mais pra cima maior a distância e quanto mais pra

baixo menor”. No entanto, essas concepções foram resgatadas na sintetização de conteúdo. Além disso, como as respostas ficaram públicas, vários alunos fizeram comentários positivos nas hipóteses dos alunos, demonstrando a empolgação na atividade.

#### 4.4 CONSTRUÇÃO DOS PROJETOS

Ao final da aula de apresentação do hipertexto, foi proposto aos alunos um desafio: encontrar uma forma de lançar um objeto, de modo que fosse possível observar e analisar o Movimento Oblíquo. Todos os grupos decidiram que a melhor forma de fazer isso era através de catapultas, conforme as imagens disponíveis no apêndice B.

Os materiais mais utilizados foram palitos de picolé, elásticos, tampinha de garrafa PET, cola quente e borrachinha de elástico, conforme as figuras do anexo B. Além desses materiais, comuns a quase todos os projetos, foi possível observar também a presença de palitos de churrasco (figuras B-7 e B-8, no anexo B), elásticos de prender cabelos (figura B-7, no anexo B) e rodízio giratório (figura B-8, no anexo B).

##### 4.4.1 Lançamentos

Após as apresentações dos projetos, foi dado o segundo desafio: calcular a velocidade inicial do projétil. Embora as duas turmas tenham o mesmo objetivo físico, elas tiveram objetivos pedagógicos diferentes. O 9º ano A foi orientado a fazer 9 lançamentos mantendo a mesma velocidade, com o objetivo de que os alunos pudessem desenvolver habilidades de medição e precisão ao observar variáveis. Já a turma do 9º ano B foi instruída a fazer os lançamentos com três velocidades diferentes, com o intuito de que os estudantes tivessem uma melhor compreensão da relação entre as grandezas deformação e alcance do projétil.

Para auxiliá-los, foi entregue uma ficha impressa com instruções para a realização dos cálculos, conforme figuras A-3 e A-4 do apêndice A. De modo a encontrar o tempo de voo e o alcance final, eles tiveram à disposição trenas e celulares com cronômetros. Antes de iniciar os lançamentos, foram dadas orientações para garantir que os alunos compreendessem a forma mais adequada de realizar as medições. Enfatizou-se a importância de cada aluno ficar responsável por um registro: por exemplo, um estudante fica responsável por lançar, enquanto outro aluno cronometra, entre outras atividades. Entre si, os grupos designaram os papéis, demonstrando autonomia e trabalho em equipe. Na Figura 31, é possível ver os alunos realizando os lançamentos.

Figura 31: Alunos do 9º ano B realizando medições de seus lançamentos.



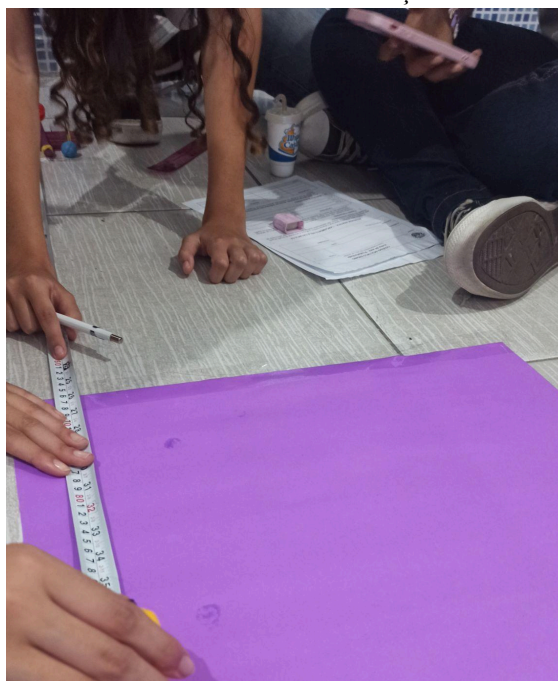
Fonte: A autora, 2025.

Para o 9º ano A, o foco era trabalhar uma abordagem estatística, relacionando a teoria à prática experimental. Para isso, a atividade desenvolvida envolveu a coleta de dados pautada na repetição. Dessa forma, o resultado prático aproxima mais do modelo teórico, reduzindo erros experimentais. Para tal, os estudantes fizeram nove medidas utilizando uma única deformação. A intenção era que, ao realizar experimentos e lidar diretamente com dados, os estudantes pudessem construir um raciocínio estatístico sólido.

Já para o 9º ano B, o objetivo era que os estudantes fizessem um objeto que pudesse lançar um projétil a três velocidades distintas, com o intuito de fazer os alunos entenderem a relação da deformação com a velocidade. Por exemplo, ao utilizar um elástico, o estudante deveria deformá-lo em três extensões diferentes, para resultar em três velocidades distintas. Nesse processo, cada grupo deveria lançar o projétil três vezes para cada uma das deformações, resultando em nove lançamentos, com o objetivo de fazer uma medição mais confiável e de trabalhar conteúdos relacionados à estatística.

Os pontos de queda foram marcados molhando os projéteis. Assim, quando o projétil caía, ficava claro seu alcance final e era mais fácil realizar a medição. No 9º ano A, foram utilizados cartazes para tornar ainda mais claro onde cada projétil caiu, conforme a Figura 32.

Figura 32: Alunos do 9º ano A realizando medições de seus lançamentos.



Fonte: A autora, 2025.

#### 4.4.2 Resultados de referência

Com o intuito de estabelecer parâmetros de comparação para os dados obtidos pelos estudantes, foi construída uma catapulta com os mesmos materiais utilizados por eles, conforme Figura 33. Esta catapulta tem um trilho guia, que direciona o braço lançador, evitando instabilidade no lançamento, que são feitos sob mesmo ângulo de 60 graus. Para a coleta dos dados, a catapulta foi fixada no chão com fita durex e o projétil foi feito a partir de massa de modelar, de mesmo tamanho e peso como os confeccionados pelos alunos. Os projéteis foram molhados, para identificar com maior facilidade seu ponto de impacto e, para realizar a medição com maior precisão, utilizou-se papel, conforme Figura 33.

Figura 33: Aparato de lançamento realizado pela autora.



Fonte: A autora, 2025.

Foram feitas medições independentes de forma a abranger os dois cenários: um olhar estatístico e um olhar físico para relacionar deformação e alcance. Inicialmente, fez-se nove lançamentos sob a mesma deformação, conforme os resultados da Tabela 4. Os erros das medições feitas pela trena é de 0,05 cm e do cronômetro 0,01 s.

Tabela 4: Medidas dos lançamentos realizados pela autora.

	Alcance (cm)	Tempo (s)
	$127,50 \pm 0,05$	$0,74 \pm 0,01$
	$118,50 \pm 0,05$	$0,41 \pm 0,01$
	$126,10 \pm 0,05$	$0,67 \pm 0,01$
	$126,00 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,01$
	$123,15 \pm 0,05$	$0,60 \pm 0,01$
	$111,00 \pm 0,05$	$0,67 \pm 0,01$
	$129,00 \pm 0,05$	$0,60 \pm 0,01$
	$122,05 \pm 0,05$	$0,61 \pm 0,01$
	$116,80 \pm 0,05$	$0,68 \pm 0,01$
<b>Desvio padrão</b>	<b>5,84</b>	<b>0,11</b>
<b>Média</b>	<b><math>122,23 \pm 5,84</math></b>	<b><math>0,64 \pm 0,12</math></b>

Fonte: A autora, 2025.

Nos dados analisados, percebeu-se que o desvio padrão foi pequeno, ao ser comparado com a média: tanto para o alcance, como para o tempo. Na Tabela 5, é possível observar as grandezas associadas aos lançamentos realizados. Chama-se  $v_{0x}$  a velocidade inicial no eixo horizontal do movimento, medida em cm/s e calculada através da equação (7).  $v_{0y}$  é o valor da velocidade inicial horizontal calculada através da equação (13), enquanto que  $v_{0y}'$  é obtida através da equação (4), através da utilização dos módulos das componentes. Os valores das alturas máximas também são calculadas através de duas equações diferentes: H através da equação (15), enquanto H' foi calculada através da equação (16).

Tabela 5: Grandezas associadas aos lançamentos realizados pela autora.

$v_{0x}$ (cm/s)	$v_{0y}$ (cm/s)	$v_{0y}'$ (cm/s)	H (cm)	H' (cm)
190,33	315,01	329,66	50,58	55,39

Fonte: A autora, 2025.

Em seguida, foram realizados três lançamentos sob três deformações diferentes, totalizando nove medições, conforme a Tabela 6. Observou-se pequenos desvios padrões e resultados coerentes. Com o aumento da distensão, há o aumento dos alcances, das velocidades (como Tabela 7) e também das alturas (Tabela 8).

Tabela 6: Lançamentos sob três distensões distintas

	Distensão: 2,5 cm		Distensão: 4 cm		Distensão: 6 cm	
	Alcance (cm)	Tempo (s)	Alcance (cm)	Tempo (s)	Alcance (cm)	Tempo (s)
	$57,5 \pm 0,05$	$0,21 \pm 0,01$	$89,00 \pm 0,05$	$0,34 \pm 0,01$	$144,10 \pm 0,05$	$0,50 \pm 0,01$
	$47,00 \pm 0,05$	$0,20 \pm 0,01$	$87,50 \pm 0,05$	$0,34 \pm 0,01$	$138,50 \pm 0,05$	$0,48 \pm 0,01$
	$50,00 \pm 0,05$	$0,21 \pm 0,01$	$88,00 \pm 0,05$	$0,34 \pm 0,01$	$142,50 \pm 0,05$	$0,47 \pm 0,01$
<b>Desvio padrão</b>	<b>5,40</b>	<b>0,0058</b>	<b>0,76</b>	<b>0</b>	<b>2,88</b>	<b>0,015</b>
<b>Média</b>	<b><math>51,5 \pm 5,40</math></b>	<b><math>0,21 \pm 0,01</math></b>	<b><math>88,16 \pm 0,82</math></b>	<b><math>0,34 \pm 0,01</math></b>	<b><math>141,70 \pm 2,93</math></b>	<b><math>0,48 \pm 0,02</math></b>

Tabela 7: Relação das velocidades e distensões.

Distensão: 2,5 cm	Distensão: 4 cm	Distensão: 6 cm
-------------------	-----------------	-----------------

$v_{0x1}$ (cm/s)	$v_{0x2}$ (cm/s)	$v_{0x3}$ (cm/s)
249,19	259,31	293,17
$v_{0y1}$ (cm/s)	$v_{0y2}$ (cm/s)	$v_{0y3}$ (cm/s)
101,37	166,77	237,08
$v_{01}$ (cm/s)	$v_{02}$ (cm/s)	$v_0$ (cm/s)
498,39	518,63	586,34

Fonte: A autora, 2025.

Tabela 8: Relação das velocidades verticais e alturas.

Distensão: 2,5 cm	Distensão: 4 cm	Distensão: 6 cm
$H_1$ (cm)	$H_2$ (cm)	$H_3$ (cm)
5,23	14,17	28,00

Fonte: A autora, 2025.

#### 4.4.3 Resultados obtidos pelo 9º ano A

Nos quadros abaixo, é possível ver os resultados colhidos pela turma. Nas Tabelas 9 e 10 os valores de alcance e tempo de voo.

Tabela 9: Relação de alcances e tempos para os grupos 1, 2 e 3 no 9º ano A.

	Grupo A1 - fig. B1		Grupo A2 - fig. B2		Grupo A3 - fig. B3	
	Alcance (cm)	Tempo (s)	Alcance (cm)	Tempo (s)	Alcance (cm)	Tempo (s)
	74	0,50	130	0,77	27	1,25
	93	0,66	88	0,90	68	1,69
	89	0,56	100	0,73	48	1,43
	87	0,53	117	0,70	22	1,18
	102	0,56	117	0,70	58	1,58



	100	0,66	87	0,50	60	1,60
	122	0,55	109	0,70	38	1,34
	121	0,55	102	0,82	20	1,12
	124	0,56	161	0,93	45	1,48
<b>Médias</b>	<b>101,34</b>	<b>0,57</b>	<b>112,34</b>	<b>0,75</b>	<b>42,89</b>	<b>1,41</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>17,69</b>	<b>0,054</b>	<b>22,98</b>	<b>0,1277</b>	<b>17,38</b>	<b>0,19</b>

Fonte: A autora, 2025.

Tabela 10: Relação de alcances e tempos para os grupos 4 e 5 no 9º ano A.

	Grupo 4 - fig. B4		Grupo 5 - fig. B6	
	Alcance (cm)	Tempo (s)	Alcance (cm)	Tempo (s)
	180	0,48	63	1,84
	182	0,25	109	2,10
	286	0,40	32	1,62
	155	0,18	60	1,62
	125	0,25	81	2,33
	109	0,14	54	1,71
	62	0,14	-	-
	89	0,31	-	-
	80	0,20	-	-
<b>Médias</b>	<b>140</b>	<b>0,26</b>	<b>66,5</b>	<b>1,87</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>69,25</b>	<b>0,11</b>	<b>26,14</b>	<b>0,288</b>

Fonte: A autora, 2025.

As medidas dos alcances e dos tempos dos grupos 1 e 2 foram muito próximas entre si, um resultado esperado, visto que os *designs* de suas catapultas são muito semelhantes. Além disso, ambos os grupos demonstraram cuidado no momento das medições, o que contribuiu para a consistência dos dados registrados. Já o grupo 3, com um modelo de catapulta semelhante aos anteriores, obteve alcances e tempos de voo discrepantes. Isso pode

ser atribuído à menor precisão na execução e no registro das medições, comprometendo a confiabilidade desses dados.

Nota-se uma grande diferença entre os *designs* dos grupos 1, 2 e 3 para os grupos 4 e 5. Entre todas as estruturas, a do grupo 4 foi a mais estruturada, com diversos palitos de picolé utilizados para sustentação em sua base, colados com cola quente, apresentando uma superfície muito mais rígida. Durante as aulas, também, era possível observar que seus projéteis tinham alcances e alturas máximas muito maiores que a dos outros grupos. Destaca-se enquanto ponto negativo para esta catapulta que o ângulo de lançamento dessa catapulta se aproxima de  $90^\circ$ . Assim, o movimento impresso por essa catapulta é um lançamento vertical.

Já o *design* do grupo 5 apresentou várias falhas. A principal delas, destaca-se a estrutura instável, já que os lápis utilizados são presos entre si com elásticos, não garantindo rigidez suficiente. Isso impediu que o elástico fosse deformado com grandes distensões, e isso explica seus baixos alcances. Além disso, a base de posicionamento do projétil é móvel, gerando uma instabilidade muito grande. Assim, esses fatores geram lançamentos que variam a direção e a força, o que dificulta a repetição precisa do experimento.

Além disso, é possível observar que os valores dos alcances para todos os grupos foram muito distintos entre si, especialmente se levarmos em conta o tempo associado. Para o grupo 4, por exemplo, um dos lançamentos alcançou 286 cm em 0,40 s, enquanto que outro lançamento realizado pelo mesmo grupo alcançou 180 cm em 0,48 s. Isso pode ser explicado pelo descontrole na distensão. Embora o objetivo fosse sempre lançar com a mesma deformação do elástico, não havia um ponto fixo de referência, tornando mais difícil os lançamentos padronizados. Além disso, outra explicação pode ser associada à incerteza do tempo. Como os tempos de voo foram muito curtos, o tempo de reação dos alunos deve ser levado em consideração.

Observa-se que a característica de desvio padrão alto foi repetida em todos os grupos, em especial no grupo 4, especialmente ao levar em consideração os valores de referência calculados na seção 4.4.2. Isto evidencia que os lançamentos não ocorreram em condições bem definidas e padronizadas. Para uma atividade com catapultas caseiras, sem suporte fixo, é esperado que tenha esse grau de variação, afinal os lançamentos não partem exatamente do mesmo ponto, uma vez que a medição do ponto de partida foi feita manualmente com uma régua.

Tabela 11: Módulos das velocidades horizontais encontrados pelos alunos do 9º ano A.

Grupos	Velocidades horizontais médias $v_{0x}$ (cm/s)
Grupo A1 - fig. B1	177
Grupo A2 - fig. B2	149
Grupo A3 - fig. B3	30,4
Grupo A4 - fig. B4	539
Grupo A5 - fig. B6	35,5

Fonte: A autora, 2025.

Em relação às velocidades horizontais médias, conforme a Tabela 11, houve grande variação em seus valores, de 30,4 cm/s a 539 cm/s. Era esperado que os valores estivessem entre 100 a 200 cm/s, valores próximos à referência, presentes nas Tabelas 4 e 5. Essa diferença pode ser atribuída a múltiplos fatores. Dentre eles, é possível citar a diferença do *design* das catapultas: umas são mais firmes que outras. A diferença também pode ser atribuída à diferença de tensão inicial dos grupos, porque cada grupo pode ter aplicado distensões diferentes nos elásticos. Além disso, o ângulo de lançamento e o cuidado com a padronização do experimento.

Também foi solicitado que os alunos determinassem a altura máxima atingida pelo projétil durante os lançamentos. Ao final da atividade, cada grupo registrou a estratégia utilizada. Os grupos 1 e 2 optaram por utilizar a equação (13) para efetuar o cálculo. O grupo 3, por sua vez, não realizou a determinação da altura máxima, limitando-se a registrar apenas os dados referentes ao alcance horizontal. O Grupo 4 recorreu à equação (15), que havia sido previamente discutida em sala, e apresentou os valores de forma detalhada. Já o Grupo 5 apresentou o resultado final, indicando a altura alcançada, mas não especificou de que forma obteve esse valor nem quais fórmulas foram aplicadas. Os dados encontrados pelos estudantes estão na Tabela 12 abaixo.

Tabela 12: Módulos das grandezas associadas aos lançamentos encontrados pelos alunos do 9º ano A.

Grupos	Ângulo de lançamento (°)	$v_{0y}$ (cm/s)	Altura máxima (cm)
Grupo A1 - fig. B1	40	288,62	39,55
Grupo A2 - fig B2	40	365,3	71,2
Grupo A3 - fig. B3	30	152	não informada
Grupo A4 - fig B4	60	251,6	15,2
Grupo A5 - fig. B6	40	164,2	32

Para averiguar a veracidade dos dados, foi criada uma planilha no Google Planilhas para a realização dos cálculos automaticamente. Os dados obtidos estão na Tabela 13. Na coluna 2,  $v_{0y}$  são os valores da velocidade inicial horizontal obtidos através da equação 13, enquanto que na coluna 3,  $v_{0y}'$  são os valores obtidos através da equação (4). Na coluna 4, H são os valores da altura máxima alcançada pelo projétil através da equação (15), enquanto que na coluna 5 os valores de H' são calculados através da equação 16.

Tabela 13: Valores das grandezas associadas ao movimento calculados pela autora, com base nos dados fornecidos pelos alunos do 9º ano A.

Grupos	$v_{0y}$ (cm/s)	$v_{0y}'$ (cm/s)	H (cm)	H' (cm)
Grupo A1 - fig. B1	279,58	149,17	39,84	11,34
Grupo A2 - fig B2	367,87	125,68	68,97	8,05
Grupo A3 - fig. B3	690,51	17,59	243,02	0,157
Grupo A4 - fig B4	128,07	934,57	8,36	445
Grupo A5 - fig. B6	917,23	29,83	428,8	0,45

Fonte: A autora, 2025.

Houve uma discrepância muito grande entre os dados de  $v_{0y}$  e  $v_{0y}'$  bem como em H e H'. Um dos motivos pelos quais  $v_{0y}'$  e H' tiveram valores tão diferentes é o uso das relações trigonométricas para realização do cálculo. O que pode ter acontecido é o erro na medição do ângulo de lançamento. Esse fato pode ser atribuído à falta de familiaridade da utilização do transferidor, um instrumento comum mas que não é utilizado no cotidiano. Além disso, as catapultas foram construídas sem um limitador para o braço lançador. Assim, no momento do lançamento, o ângulo pode ter sido maior, devido à instabilidade.

Isso se confirma quando se faz alterações no ângulo. No grupo 1, por exemplo, quando o ângulo é alterado para  $57^\circ$ ,  $v_{0y}$  tem valor de 273,75: valor muito mais próximo de 279,58, encontrado em  $v_{0y}$ . Da mesma forma, com a alteração,  $H'$  toma valor de 38,19, próximo de  $H$ , que é 39,84. O mesmo se confirma para outros grupos: com a alteração do ângulo, os valores ficam mais coerentes.

Percebeu-se que os alunos tiveram alguns problemas com os conceitos de média. Os grupos 2 e 4, por exemplo, fizeram a velocidade para cada um dos valores de alcance e tempo e somente ao final fizeram a média das velocidades. Esse procedimento carrega a incerteza e os erros experimentais durante o cálculo, deixando os resultados cada vez mais imprecisos.

Na Tabela 14 é possível ver valores comparando a velocidade inicial de cada um dos projéteis, calculados pelos alunos e pela autora. É importante perceber que a incerteza e os problemas experimentais encontrados nas análises anteriores se traduzem na diferença entre os dados encontrados por eles e pela professora.

Tabela 14: Valores comparativos das velocidades iniciais encontrados pelos alunos e pela autora.

Grupos	$v_0$ encontrada pelos alunos (cm/s)	$v_0$ encontrada pela autora (cm/s)
Grupo A1 - fig. B1	288,62	232,07
Grupo A2 - fig B2	151,7	195,52
Grupo A3 - fig. B3	30,3	35,17
Grupo A4 - fig B4	597	1079,14
Grupo A5 - fig. B6	não informada	46,42

Fonte: A autora, 2025.

É importante lembrar, como Carvalho (2013) menciona, que o objetivo da atividade pedagógica não deve ser fazer os estudantes pensarem ou comportarem-se com rigor encontrado em laboratório. A proposta deve ser criar um ambiente investigativo na sala de aula, de forma que seja possível conduzir os alunos no processo científico. Assim, é essencial entender que o intuito do trabalho não é construir catapultas com uma precisão absoluta. Deve-se compreender que o experimento é limitado e que o objetivo principal é fazer os estudantes terem uma experiência científica, aproximando-se da vivência e da linguagem. Dessa forma, os resultados foram importantes para que os alunos percebessem as dificuldades inerentes à coleta de dados experimentais e a relevância do controle das variáveis em investigações científicas.

#### 4.4.4 Resultados obtidos pelo 9º ano B

Os valores de alcances obtidos pelo 9º ano B estão presentes na Tabela 15.

Tabela 15: Relação de alcances e tempos para os grupos no 9º ano B.

	Grupo B1 - fig. B8		Grupo B2 - fig. B9		Grupo B3 - fig. B10	
	Deformação: 7 cm		Deformação: 5 cm		Deformação: 4,5 cm	
	Alcance (cm)	Tempo (s)	Alcance (cm)	Tempo (s)	Alcance (cm)	Tempo (s)
	70	0,6	43	1	30	0,26
	77	1,5	51	1,15	20	0,27
	45	1	61	0,81	27	0,66
<b>Médias</b>	<b>64</b>	<b>1,03</b>	<b>51,67</b>	<b>0,9867</b>	<b>25,6</b>	<b>0,39</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>4,94</b>	<b>0,6</b>	<b>9,018</b>	<b>0,17</b>	<b>5,13</b>	<b>0,22</b>
	Deformação: 8,8 cm		Deformação: 5,5 cm		Deformação: 6 cm	
	Alcance (cm)	Tempo (s)	Alcance (cm)	Tempo (s)	Alcance (cm)	Tempo (s)
	110	1	57	0,75	38	0,15
	60	0,8	62	0,94	34	0,28
	82	0,8	65,5	0,73	30	0,14
<b>Médias</b>	<b>84</b>	<b>0,86</b>	<b>61,5</b>	<b>0,80</b>	<b>34</b>	<b>0,19</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>25,06</b>	<b>0,11</b>	<b>4,27</b>	<b>0,11</b>	<b>2,82</b>	<b>0,09</b>
	Deformação: 9,5 cm		Deformação: 6 cm		Deformação: 7 cm	
	Alcance (cm)	Tempo (s)	Alcance (cm)	Tempo (s)	Alcance (cm)	Tempo (s)
	132	0,93	55	0,95	64	0,61
	82	0,73	51	1,1	57	0,34
	82	0,87	41	1,4	59	0,34
<b>Médias</b>	<b>98</b>	<b>0,84</b>	<b>49</b>	<b>1,15</b>	<b>60</b>	<b>0,43</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>28,86</b>	<b>0,10</b>	<b>7,211</b>	<b>0,22</b>	<b>3,60</b>	<b>0,15</b>

Fonte: A autora, 2025.

Dos 5 grupos formados, apenas 3 realizaram a ficha de acompanhamento dos experimentos. Era esperado que, com o aumento da distensão, os alcances aumentassem. No entanto, esse aumento não foi encontrado pelo grupo 2, como é possível observar na tabela 11. Os resultados apresentaram grande variabilidade e não seguiram um padrão que pudesse indicar relação direta entre a força aplicada e a distância percorrida pelo projétil. Esse fato pode ser explicado ao analisar a pouca repetição das medidas. Para cada distensão, os resultados foram repetidos apenas três vezes. No grupo 1, por exemplo, para a primeira distensão, observou-se um desvio padrão de 25,05 cm. Para o mesmo tempo 0,8 s, inclusive, obteve-se dois alcances completamente diferentes: 60 cm e 82 cm. Com o aumento da repetição, há a diminuição de erros, o que poderia trazer resultados mais consistentes.

Além disso, alguns dos projetos foram montados com estruturas que impossibilitaram a coleta de dados com precisão. A catapulta ilustrada na figura B-7 do apêndice B, por exemplo, não tem uma base firme, um trilho de suporte nem um ponto fixo para o apoio do projétil que garanta o alinhamento do lançador. Isso resulta em disparos com ângulos variados, tornando o lançamento instável e dificultando a repetição precisa do experimento, causando impacto nos cálculos estatísticos.

Apesar de terem seguido a proposta de variar a tensão do elástico, os lançamentos apresentaram grandes variações nos resultados, sem uma tendência clara de crescimento, problema observado em todos os grupos. Então, devido ao resultado instável, a relação entre a deformação e alcance não pôde ser verificada da forma esperada. Dessa forma, embora a atividade não tenha permitido uma análise quantitativa rigorosa, ela foi fundamental para que os estudantes compreendessem, na prática, as dificuldades envolvidas na obtenção de dados confiáveis e a importância do controle de variáveis em experimentos científicos.

Na Tabela 16, observa-se as velocidades horizontais de cada um dos três grupos. Chama-se de  $v_{0x1}$  a velocidade obtida na menor distensão,  $v_{0x2}$  a velocidade horizontal impressa ao projétil na média compressão e  $v_{0x3}$  a velocidade na maior compressão. Percebe-se que apenas o grupo B1 obteve velocidades crescentes, assim como no alcance.

Tabela 16: Relação das velocidades horizontais por grupo no 9º ano B

	Velocidades horizontais médias $v_{0x1}$ (cm/s)	Velocidades horizontais médias $v_{0x2}$ (cm/s)	Velocidades horizontais médias $v_{0x3}$ (cm/s)
Grupo B1	62,13	97,67	116,99
Grupo B2	52,36	76,23	42,60
Grupo B3	121,9	178,94	139,5

Fonte: A autora, 2025.

Tabela 17: Relação das velocidades verticais por grupo no 9º ano B

	Velocidade vertical inicial $v_{0y1}$ (cm/s)	Velocidade vertical inicial $v_{0y2}$ (cm/s)	Velocidade vertical inicial $v_{0y3}$ (cm/s)
Grupo B1	506,85	425,10	413,66
Grupo B2	483,96	395,67	564,08
Grupo B3	194,56	93,20	210,92

Fonte: A autora, 2025.

É interessante notar, na tabela 17, embora a distensão tenha aumentado, foi observado no grupo 1 uma diminuição da velocidade vertical. De forma semelhante, o mesmo aconteceu com a altura: com o aumento da distensão, houve a diminuição da altura, observado na Tabela 18. Esse fato acontece visto que o tempo de voo diminui para cada uma das distensões. No entanto, o esperado era que, com o aumento da distensão, também aumentasse a velocidade horizontal, fato encontrado nos valores de referência da seção 4.4.2.

Tabela 18: Relação das alturas por grupo no 9º ano B

	Altura máxima $H_1$ (cm)	Altura máxima $H_2$ (cm)	Altura máxima $H_3$ (cm)
Grupo B1	130,94	92,10	87,21
Grupo B2	119,38	79,79	162,17
Grupo B3	19,29	4,42	22,67

Fonte: A autora, 2025.

Apesar do observado nas Tabelas 17 e 18, o grupo 1 teve suas velocidades iniciais aumentando com a distensão, conforme a tabela 19. Os demais grupos tiveram resultados com variabilidade muito alta, trazendo resultados quase aleatórios e impedindo a análise.



Tabela 19: Relação das velocidades iniciais por grupo no 9º ano B

	Velocidades iniciais $v_{01}$ (cm/s)	Velocidades iniciais $v_{02}$ (cm/s)	Velocidades iniciais 3 (cm/s)
Grupo B1	123,87	193,85	233,99
Grupo B2	104,73	152,48	85,22
Grupo B3	129,41	357,89	279,07

Fonte: A autora, 2025.

#### 4.5 SINTETIZAÇÃO DO CONTEÚDO

Ao final do projeto, houve o momento de sintetização do conteúdo. Neste momento da sequência, foi feita uma grande discussão sobre o que foi realizado ao longo das últimas semanas. Esse processo é importantíssimo, visto que “ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado” (Carvalho, 2013).

Neste momento, iniciou-se perguntando como os estudantes decidiram os *designs* de seus projetos e os materiais a serem utilizados. Todos os grupos afirmaram terem construído catapultas devido ao texto 1. A escolha para os grupos A1, A2, A3, B2 e B3 veio de uma menor dificuldade para a construção: materiais mais simples e com menos passos para a construção do artefato. Para grupos como A4 e B5 a escolha partiu da prioridade de alcances maiores. Esse momento permitiu que os alunos refletissem sobre os critérios adotados, reconhecessem os limites de seus projetos e identificassem como as decisões estruturais influenciaram diretamente os resultados dos lançamentos.

Em seguida, deu-se início a discussão referente aos dados de alcance e tempo de voo de seus projéteis, além das velocidades iniciais e altura máxima encontradas. Aqui, os estudantes começaram a levantar hipóteses em porquê as velocidades eram tão diferentes entre si. Das respostas, é possível destacar “a diferença do modelo das catapultas”, “erro na medida do tempo” e “projéteis se movimentando mais rápido que outros”. Este último deu início a outro debate: por que alguns projéteis moveram-se mais rapidamente que outros? Dentre as respostas, “o formato dos projéteis”, “tensão no elástico” e “o ângulo de lançamento”. É nesta etapa de reflexão que o estudante toma consciência de suas ações, passando da ação manipulativa para ação intelectual, conforme teorizou Vygotsky (Carvalho, 2013).

Em seguida, a autora iniciou uma discussão sobre o principal erro dos projetos: os erros experimentais e desvios padrões altos. Discutiu-se a diferença entre erros aleatórios, imprevisíveis e causados por variações experimentais e erros sistemáticos, que acontecem em todas as medições, causados geralmente por falhas de equipamento (Fonseca, 2004). Argumentou-se como os erros aleatórios, causados pelo tempo de reação no cronômetro, entre outros motivos, podem ter causado alterações nos resultados finais.

Por fim, os alunos responderam um formulário on-line, com algumas perguntas sobre a atividade e outras sobre o Movimento Oblíquo. Na primeira pergunta, questionou-se sobre o processo de medidas e cálculos dos grupos. Algumas respostas deixaram claro os alunos que não se empenharam no processo como os sete estudantes que responderam que não sabiam. Outros descreveram claramente seus processos, como as respostas:

“Primeiro medimos a compressão, depois fizemos lançamentos medindo o alcance com a trena e o tempo com o cronômetro, a bolinha que usamos foi feita de massinha. Para calcular a velocidade horizontal usamos:  $V_x = s/t$ . Para a velocidade vertical inicial:  $V_y = g \cdot t/2$ . Utilizando  $V_y$  descobrimos a altura, com a fórmula:  $H = V_y \cdot t - g \cdot t^2/2$ , sendo a altura utilizada  $t/2$ . Por fim calculamos  $V$  usando o seno, cosseno e o teorema de pitágoras.”

“Da parte do cálculo eu não sei pois ficou como responsabilidade de outra pessoa, porém a parte de medição acontece da seguinte forma: eu começava a gravar um vídeo depois mediam a catapulta e depois jogava a bolinha, e então eu iria ver no vídeo onde a bolinha realmente caiu, por ela quicar, e o tempo que ela levou”

“No chão, colocamos papel para marcar onde o objeto catapultado (que foi molhado em água) caía sem quicar no chão e utilizamos uma trena para medir a distância em centímetros. Para calcular, utilizamos a distância entre o objeto e a catapulta e o tempo gasto pelo objeto até chegar no ponto final.”

Na segunda pergunta, questionou-se se os resultados foram satisfatórios e condizentes com a realidade. 25 alunos, dentre as duas turmas, consideraram que sim, um aluno avaliou que não, três alunos disseram que não sabiam e cinco disseram que mais ou menos.

“Mais ou menos, pois a altura, por exemplo, fez sentido os resultados, mas a Velocidade as três formas de calcular deu resultados diferentes.”

“Sim, a medida que íamos fazendo os cálculos, percebemos que a variação do resultado era pouca quando refizemos os cálculos para ter certeza, o que me leva a acreditar que o cálculo estava correto e condizia com a realidade”

“acredito que não acertamos com precisão, mas de fato um resultado próximo da realidade”

Na terceira pergunta, queria-se saber no que o grupo poderia ter melhorado. A maioria dos alunos respondeu que em nada. Algumas das respostas:

“A agilidade em fazer os cálculos”

“A comunicação entre determinados membros do grupo não foi satisfatória.”

“aprimorar a precisão das medições para obter resultados mais exatos”

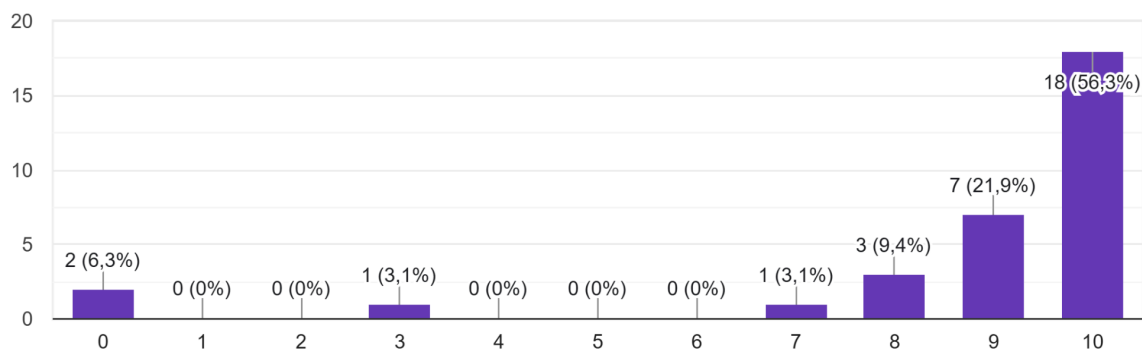
“Na construção da catapulta, ela estava soltando a parte que lança, porém, conseguimos ajeitar isso pegando emprestado uma massinha daquelas que fica dura e colocando na parte que estava descolando, assim, ela não ficou mais soltando e podemos empurrar a catapulta com mais força pois ela não soltaria”.

Na quarta pergunta, verificou-se o quanto os alunos gostaram da atividade. É possível ver os resultados na Figura 34 abaixo.

Figura 34: Gráfico de alunos e nota para a atividade .

Numa escala de 0 a 10, o quanto você gostou da atividade?

32 respostas



Por fim, perguntou-se “Você acha que essa maneira de abordar o conteúdo te fez aprender mais que aulas tradicionais? Justifique” e todos os alunos responderam que sim.

“Sim , porque porque depoi a gente jogou bola e foi massa”

“Muito! A teoria que é abordada nos quadros em tese é boa, mas a prática faz com que aprendemos mais sobre o tema, assim como colocando-o em prática e melhorando o aprendizado.”

“Sim, acho esse método mais interessante porque me dá mais vontade de pesquisar sobre o assunto e me aprofundar nele.”

Na segunda parte do questionário, perguntou-se o que era o Movimento Oblíquo. Das respostas obtidas:

É o movimento que faz uma parábola.

O movimento que vai na horizontal e na vertical al mesmo tempo (é mais ou menos isso)

movimento oblíquo é quando algo é lançado em um ângulo, indo pra frente e subindo/descendo por causa da gravidade.

É o movimento em que o corpo segue uma trajetória inclinada em relação a horizontal dependendo do deslocamento.

Em seguida, como a velocidade inicial impacta no Movimento Oblíquo.

Ela decide quão longe, quão alto e por quanto tempo o objeto vai se mover no ar.

Na altura, no tempo e distância.

Pois, por exemplo, se a velocidade inicial for alta, a bolinha irá atingir uma velocidade (e trajetória horizontal) maiores assim como o contrário a trajetória iria diminuir

indica aonde o projétil vai parar, se for maior a velocidade, maior será a distância e isso também impacta a altura e velocidades subsequentes.

Depois, o impacto do ângulo no Movimento.

Pois se o projétil for lançado de  $0^\circ$  à  $45^\circ$  o alcance vai ser maior, mas se for lançado de  $45^\circ$  à  $90^\circ$  o alcance diminuiu mas a altura máxima aumenta.

Muda a trajetória e onde vai cair

Pois afeta a distribuição da velocidade inicial

Em seguida, o impacto da resistência do ar.

Diminuir a velocidade do projétil

Reduzindo a distância e a altura que o objeto alcança, fazendo com que ele caia mais rápido e percorra menos distância do que no vácuo.

Fazendo com que, a bolinha não alcance (por exemplo) uma distância tão longa, já que, por exemplo, se colocarmos um ventilador em sua frente, a bolinha irá ter uma trajetória menor do que sem o ventilador por exemplo.

A resistência do ar reduz o alcance, a altura máxima e o tempo de voo, além de tornar a trajetória menos parabólica e assimétrica.

#### 4.6 SUGESTÕES PARA APLICAÇÃO

Durante a aplicação do produto educacional na sequência didática proposta, vários problemas se apresentaram. Dentre eles, um dos mais agravantes foi a falta de rigor na medição de cada um dos grupos. Mesmo a equipe que apresentou melhor rendimento, o grupo 1 do 9º ano A, teve um desvio padrão de 17,69 para um alcance de 101,34 cm. Isto demonstra que os estudantes, embora apresentem interesse no projeto, não têm o preparo metodológico necessário para realizar medições precisas. Uma maneira de contornar essa situação seria conversar com os alunos sobre resultados coerentes.

Essa conversa poderia ser feita antes dos experimentos, durante a discussão do hipertexto, ou mesmo durante o experimento. Por exemplo, o grupo 4 do 9º ano A obteve alcances de 180 cm em 0,48 s e também obteve o alcance de 182 cm para 0,25 s. Seria interessante ter discutido com os estudantes que essa diferença pode ter acontecido devido a erros experimentais, durante a medida do alcance ou do tempo. Essa diferença de medida pode indicar problemas, uma vez que, mantendo a mesma distância, é improvável que o projétil tenha um alcance maior em menos tempo. Dessa forma, os alunos desenvolveriam um senso crítico quanto aos resultados e as medições.

Um dos motivos pelos quais essas medidas não foram tomadas foi a grande quantidade de alunos em cada sala. Com o elevado número de estudantes, foi difícil dividir a atenção individual com todos os grupos. Além disso, mesmo havendo poucos grupos, cada um tinha cerca de nove alunos. Assim, alguns estavam participando ativamente do trabalho, enquanto que outros não estavam interessados.

Além disso, teria sido interessante que os projetos tivessem braços lançadores que pudessem mudar o ângulo de lançamento. Assim, poderia ter sido feita a análise da relação entre o ângulo e o alcance final. Dessa forma, os alunos poderiam investigar, além da relação

distensão e alcance, a relação do ângulo com o alcance e a altura máxima. Outra mudança possível seria a alteração das fichas.

Outra limitação da aplicação desse projeto foi o público-alvo. Apesar de os alunos do 9º ano dessa escola em questão já terem prática e familiaridade com Física, eles ainda estavam aprendendo conteúdos de Matemática fundamentais para a aprendizagem do Lançamento Oblíquo, como as relações trigonométricas, funções lineares e quadráticas. Isto dificultou a aplicação do projeto, posto que foi necessário o reforço desses conteúdos e o acompanhamento para cada equipe.

Durante a aplicação, percebeu-se que esta prática educacional seria enriquecida ao tornar-se em um ambiente de gamificação. Desta forma, pensou-se em alterações para a sequência didática e para o produto educacional. As mudanças envolveram principalmente a narrativa medieval, conforme a Figura 35, tornando um ambiente de aprendizagem lúdico e fomentando a criatividade. Essas alterações, tanto de *design*, como na sequência didática foram registradas no apêndice C.

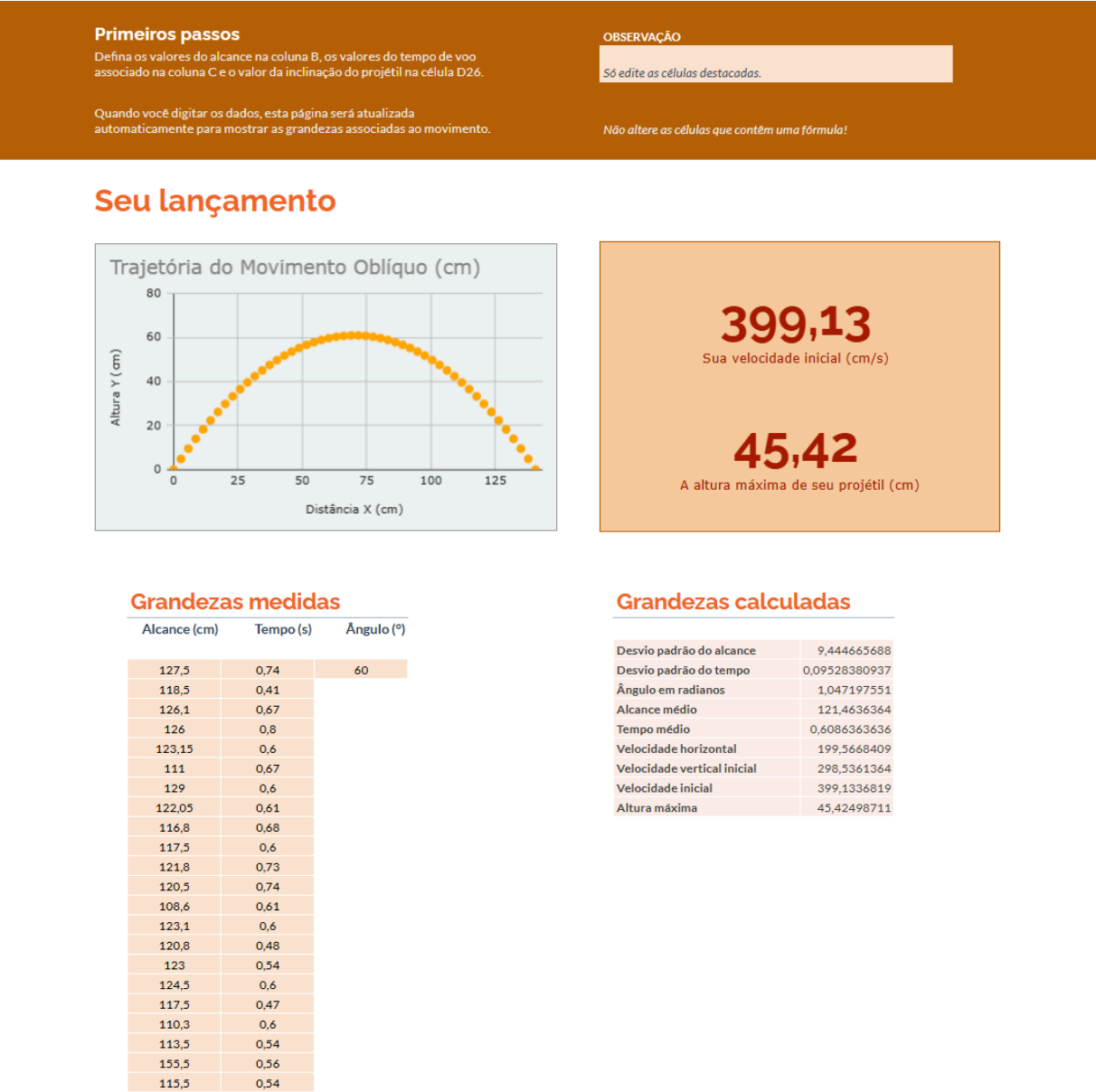
Figura 35: Interface do Hipertexto adaptado à gamificação.



Fonte: A autora, 2025.

Foi incorporado, também, ao hipertexto, a seção “Análise os resultados”. Esta seção do documento apresenta a planilha feita no Google Planilhas com as células programadas para realização dos cálculos de forma automática. Ela foi projetada para otimizar e agilizar o processo de cálculo. Ao inserir os dados relevantes nas células designadas, a planilha processa as informações automaticamente, apresentando os resultados, conforme Figura 36.

Figura 36: Interface da planilha para cálculos automáticos



Fonte: A autora, 2025.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi feita uma pesquisa sobre o processo de aprendizagem dos indivíduos. Nesse sentido, entende-se a importância do construtivismo, uma corrente que afirma que o ser humano aprende através da construção ativa de seu conhecimento, baseada em seus conhecimentos prévios. Assim, se o ser humano constroi o saber, ele precisa de metodologias nas quais ele tenha liberdade para tal.

É nesse contexto que se faz o uso de Metodologias Ativas como a Aprendizagem Baseada em Projetos, o Ensino por Investigação e a Gamificação. Desta forma, o desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo analisar a aplicação de uma sequência didática baseada na utilização da Aprendizagem Baseada em Projetos, o Ensino por Investigação e a Gamificação para o ensino do Movimento Oblíquo, conteúdo no qual os estudantes apresentam muita dificuldade, visto que sua análise leva em consideração o uso de funções, gráficos e relações trigonométricas. Ao longo do trabalho, foi detalhado o planejamento metodológico e as etapas da sequência didática e aplicação do produto educacional.

As hipóteses levantadas com esse trabalho foram que a utilização de uma sequência didática baseada em metodologias ativas, associada a recursos digitais e atividades híbridas poderia facilitar o processo de construção conceitual dos estudantes, inclusive aumentando o interesse pela disciplina. De forma geral, essas hipóteses dialogam diretamente com a observação em sala de aula. Os alunos demonstraram-se empolgados com o projeto e empenhados a descobrir a velocidade inicial do seu projétil.

Apesar disso, observou-se limitações na apresentação do projeto, especialmente no que se refere ao rigor nas medições, precisão nos cálculos, grupos muito grandes e consolidação de conceitos matemáticos abstratos, como relações trigonométricas. Essas dificuldades, no entanto, podem ser superadas em aplicações futuras. De forma geral, os objetivos foram contemplados, gerando momentos de reflexão para os estudantes e inserindo-os em um espaço científico.

A experiência relatada também abre caminhos para a realização de trabalhos futuros. Sugere-se a aplicação da sequência didática conforme apêndice C, com as alterações gamificadas do Produto Educacional. Outra sugestão é a aplicação em uma turma da 1ª série do Ensino Médio, público originalmente previsto para a proposta. Além disso, seria possível fazer uma sequência parecida com lançamento de foguetes, ao invés de catapultas feitas de



palitos de picolé. Uma outra possibilidade é padronizar a catapulta e fazer com que a situação problema seja atingir o maior alcance.

Por fim, o presente trabalho demonstra como as metodologias ativas podem ser utilizadas para aproximar os estudantes dos processos científicos. Ao articular teoria e experimentação, esta proposta contribui para a compreensão de conceitos que, muitas vezes, permanecem distantes do cotidiano escolar e são apresentados de forma excessivamente abstrata, tornando os conteúdos mais acessíveis a alunos de diversas realidades diferentes.

## REFERÊNCIAS

BENDER, Willian N. **Aprendizagem baseada em projetos**. Porto Alegre: Grupo A, 2014. [E-book]. ISBN 9788584290000. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788584290000/>. Acesso em: 12 set. 2024.

BUSKE, Rodrigo; BARTHOLOMEI-SANTOS, Marlise L.; TEMP, Daiana S. A visão sobre cientistas e ciência presentes entre alunos do Ensino Fundamental. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 2015.

CACHAPUZ, Antônio; GIL-PEREZ, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; PRAIA, João; VILCHES, Amparo. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAMARGO, Fausto; DAROS, Thuinie. **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo. (Desafios da educação)**. Porto Alegre: Grupo A, 2018. [E-book]. ISBN 9788584291205. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788584291205/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

DA SILVA, Andreza Regina Lopes et al. **Gamificação na educação**. Florianópolis: Pimenta Cultural, 2014.

FARDO, M. L. A Gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, 2013. DOI: 10.22456/1679-1916.41629. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/41629>. Acesso em: 3 jun. 2025.

FONSECA, ISABEL M A. Erros experimentais. **Noticiário SPQ 3**, 2004.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1983. v.l.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v.l.

HUANG R, RITZAAPT AD, SOMMER M, ZHU J, STEPHEN A, VALLE N, HAMPTON J, Li J. The impact of gamification in educational settings on student learning outcomes: A meta-analysis. **Educational Technology Research and Development**. 2020;68(4):1875–1901. doi: 10.1007/s11423-020-09807-z.

LAWALL, Ivani T.; HÜBL, JulianaCristine. Desafios do Ensino por Investigação na percepção de professores em formação. In: **Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021**. Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible. Universidad de Valencia= Universitat de València, 2021. p. 571-574.

MARSULO, Marly Aparecida Giraldelli; SILVA, Rejane Maria Ghisolfi da. Os métodos científicos como possibilidade de construção de conhecimentos no ensino de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 3, p. 30, 2005.

MOREIRA, Marco Antonio; OSTERMANN, Fernanda. Sobre o ensino do método científico. **Caderno catarinense de ensino de física**. Florianópolis. Vol. 10, n. 2 (ago. 1993), p. 108-117, 1993.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

**NINTENDO**. *Super Mario Bros*. [Jogo eletrônico]. Kyoto: Nintendo, 1985. Disponível em: <https://www.nintendo.com/>

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: Mecânica (vol.1)**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher LTDA, 1997 . v.1

OLIVEIRA, S. L. DE .; SIQUEIRA, A. F.; ROMÃO, E. C.. Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino Médio: estudo comparativo entre métodos de ensino. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 34, n. 67, p. 764–785, maio 2020.

PEROVANO, Dalton Gean. Manual de metodologia da pesquisa científica. Editora Intersaberes, 2016.

PIAGET, Jean. **A psicologia da inteligência**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

ROCHA, Amanda Chelly. **Atividade gamificada como estratégia de engajamento no ensino da química**. Cadernos da Pedagogia, v. 17, n. 38, p. 589-598, maio-agosto/2023

SEGURA, Eduardo.; KALHIL, Josefina Barrera. A metodologia ativa como proposta para o ensino de ciências. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, Brasil, v. 3, n. 1, p. 87–98, 2015. DOI: 10.26571/2318-6674.a2015.v3.n1.p87-98.i5308. Disponível em:

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/5308>. Acesso em: 1 set. 2024.


SILVA, João Batista da; SALES, Gilvandenys Leite; CASTRO, Juscileide Braga de. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 4, p. e20180309, 2019.

TORRE, S. de la. **Aprender com os erros: o erro como estratégia de mudança**, Porto Alegre: Artmed, 2007.


**UBISOFT.** *Hungry Shark*. [Jogo eletrônico]. Londres: Ubisoft, 2010. Disponível em: <https://www.ubisoft.com/>. Acesso em: 21 out. 2025.

## APÊNDICE A – FICHAS DE AULA

Figura A-1: Ficha para levantamento de conhecimentos prévios.

 <b>Ficha de aula</b> Ensino Fundamental II   9º ano   3ª unidade	
<b>Estudante:</b>	<b>Turma:</b>
<b>Professora:</b>	<b>Data:</b>

1) Na imagem abaixo, é possível observar um canhão. Desenhe, saindo deste canhão, a trajetória que você imagina que a bala do canhão faria ao ser disparada.



2) Se sabemos a trajetória deste projétil, conseguiríamos calcular a distância final ou a altura que ele alcança? De que forma isto poderia ser feito?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3) Existem fatores que alterariam a trajetória que você desenhou? Justifique – caso a resposta seja sim, cite os fatores que alterariam essa trajetória.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4) Quais as principais diferenças entre um movimento vertical e um movimento horizontal? Responda considerando a força da gravidade.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5) Você observa este movimento em seu dia-a-dia? Em quais situações?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6) Você julga relevante – para seu dia-a-dia ou para a Humanidade o estudo deste movimento? Por quê?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fonte: A autora, 2025.

Figura A-2: Ficha de leitura com textos provocadores.

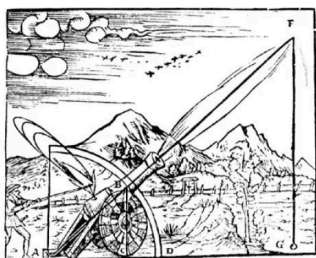
 <div style="text-align: center;"> <b>Ficha de aula</b>          Ensino Fundamental II   9º ano   3ª unidade       </div>	
Estudante:	Turma:
Professora:	Data:

**TEXTO 1 – Catapulta: a história da invenção que mudou a história das guerras.**

Os exércitos eram formados apenas pela infantaria (tropas que avançam a pé) e a cavalaria (tropas que avançavam a cavalo e, hoje, em veículos blindados). A partir das catapultas, eles passaram a contar também com uma terceira arma: a artilharia, especializada no lançamento de projéteis a grande distância. Simplesmente não havia mais cidade – não importava o tamanho do muro – que pudesse resistir a um ataque persistente. [...] Pela primeira vez, o homem podia usar algo que ia muito além da própria força física para guerrear. Quem vencía a guerra, a partir de então, era a máquina, não mais o homem. Capitalizado pelos romanos, o surto inventivo grego foi copiado e melhorado. Mudanças nos materiais, no design e no próprio uso tornaram a artilharia mais do que uma arma selvagem. O passo definitivo para transformar o uso das catapultas em uma ciência foi o desenvolvimento da balística – a arte por meio da qual os artilheiros conseguiam, graças a cálculos matemáticos, direcionar com razoável precisão os projéteis que saíam de suas máquinas. No entanto, a evolução das armas de fogo aposentou as catapultas. Isso não impediu sua última glória. Durante a 1ª Guerra Mundial (1914-1918), em meio à batalha de trincheiras, os homens que arriscavam suas vidas atirando granadas rumo às posições inimigas reinventaram a roda. Utilizando molas e madeira, construíram pequenas catapultas, capazes de lançar as granadas sem que fosse preciso se expor ao fogo inimigo. Uma demonstração de que a simplicidade e eficiência das armas de cerco ainda podiam causar o que sempre causaram: terror nos inimigos.

Disponível em: <https://super.abril.com.br/historia/a-mae-de-todas-as-guerras>**TEXTO 2 – Inércia e balas de canhão**

Antes da época de Galileu Galilei, no início do século 17, existia uma grande confusão com relação ao que seria o movimento natural de um corpo. Uma gravura feita durante a Idade Média mostra a trajetória de uma bala de canhão. [...] O objetivo militar era disparar a bala de canhão de modo que ela atingisse as tropas inimigas. [...] Sempre achei essa gravura incrível. Como seria possível alguém acreditar que a bala se move desse jeito? Qualquer criança sabe muito bem que, quando se atira uma pedra para a frente, sua trajetória descreve um arco, mais precisamente uma parábola, e não duas linhas retas formando um triângulo com o chão. Será que o ilustrador nunca havia atirado uma pedra, ou visto uma catapulta lançar bólidos contra tropas inimigas?



A resposta é que o ilustrador separava o que via de como explicava o que via. Na época, os movimentos eram explicados pela física aristotélica, que os dividia em dois tipos, naturais ou forçados. Segundo Aristóteles, o movimento natural dos objetos era retornar ao seu lugar de origem em linha reta. Para impor movimentos que não sejam verticais, deve-se forçar o objeto. Essa é a função do canhão. Quando a quantidade de movimento forçado acaba, a bala cai em linha reta, seguindo seu movimento natural. O soldado tinha então de saber como inclinar o canhão de modo que o movimento forçado terminasse bem acima das tropas. O fato de uma bala de canhão não andar em linha reta não significa que a previsão do ilustrador estivesse errada. Se o soldado soubesse como inclinar o canhão ele acertaria o alvo. Muitas vezes, explicações que são eficientes podem estar conceitualmente erradas.

Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe0401200402.htm>

Fonte: A autora, 2025.

Figura A-3: Frente da ficha de acompanhamento dos lançamentos.

<b>Alunos:</b>		<b>Turma:</b>
<b>Professora:</b>		<b>Data:</b>
<b>Conteúdos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Movimento oblíquo</li> </ul>		<b>Orientações:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Leia a ficha</li> </ul>

O objetivo de hoje é determinarmos a velocidade do projétil lançado. **Não se esqueça de adicionar as unidades de medida em cada tabela!**

### I. Fazendo o lançamento

Comece medindo com uma régua o tamanho da compressão da sua mola ou seu elástico. Em seguida, repita o experimento três vezes

Lançamento	Compressão
1, 2 e 3	
4, 5 e 6	
7, 8 e 9	

### II. Medindo o alcance máximo

**Para cada valor de compressão, você deve fazer 3 lançamentos.** Cada lançamento levou um tempo e teve um alcance horizontal. Registre-os abaixo:

Lançamento	Tempo	Alcance	Altura
1			
2			
3			
média			

Fonte: A autora, 2025.

Figura A-3: Verso da ficha de acompanhamento dos lançamentos.

Lançamento	Tempo	Alcance	Altura
4			
5			
6			
média			

Lançamento	Tempo	Alcance	Altura
7			
8			
9			
média			

### III. Encontrando a velocidade horizontal

Com o valor das médias do alcance horizontal e do tempo, é possível calcular as velocidades horizontais e verticais. Registre-as abaixo

Compressão	Velocidade horizontal	Velocidade vertical inicial

Explique, passo-a-passo, como foram feitas as medidas e os cálculos de cada uma das velocidades.

---



---



---

Fonte: A autora, 2025.



## APÊNDICE B – CATAPULTAS CONSTRUÍDAS PELOS ALUNOS

Figura B-1: Catapulta construída pelo grupo A1.



Fonte: A autora, 2025.

Figura B-2: Catapulta construída pelo grupo A2.



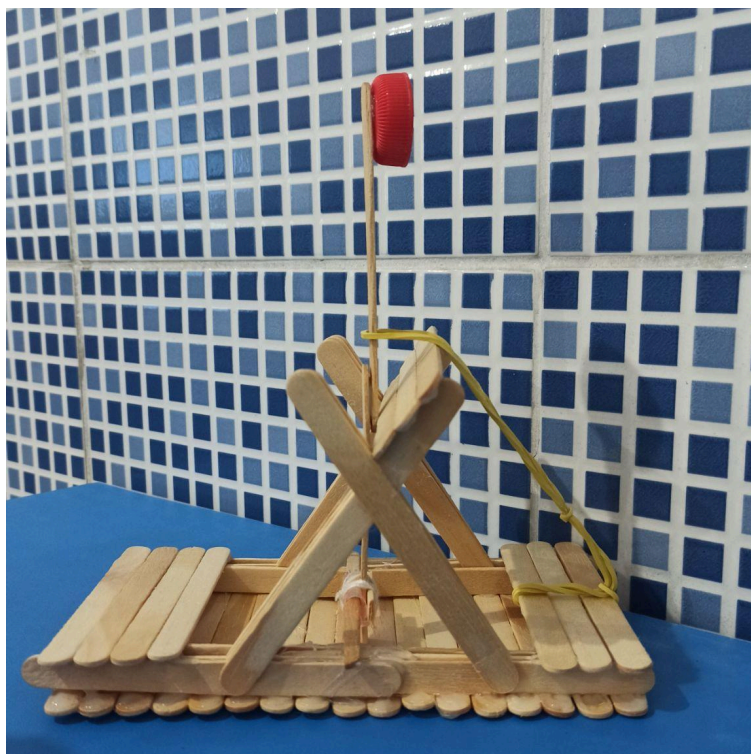
Fonte: A autora, 2025.

Figura B-3: Catapulta construída pelo grupo A3.



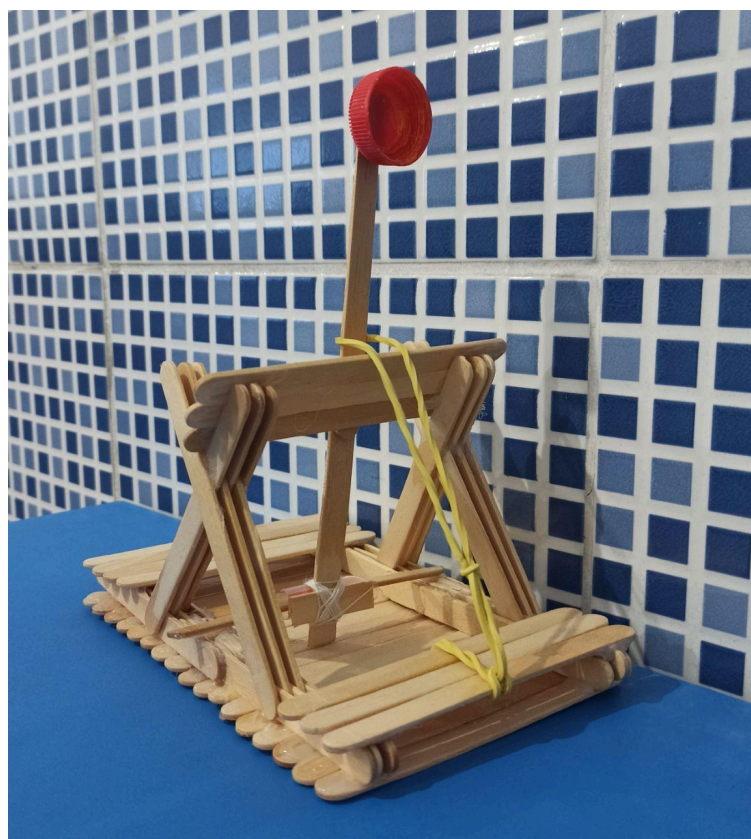
Fonte: A autora, 2025.

Figura B-4: Registro lateral da catapulta construída pelo grupo A4.



Fonte: A autora, 2025.

Figura B-5: Catapulta construída pelo grupo A4.



Fonte: A autora, 2025.

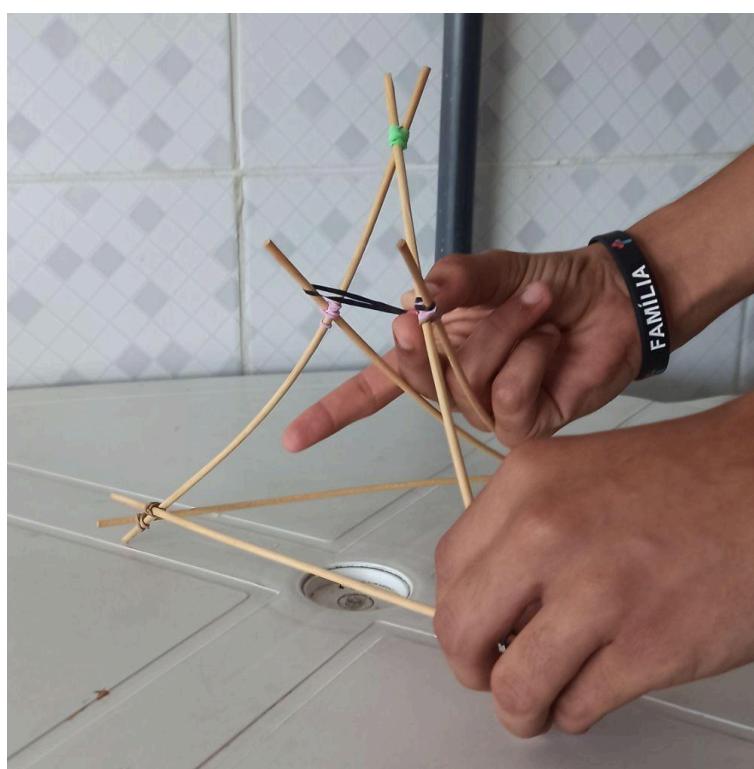


Figura B-6: Catapulta construída pelo grupo A5.



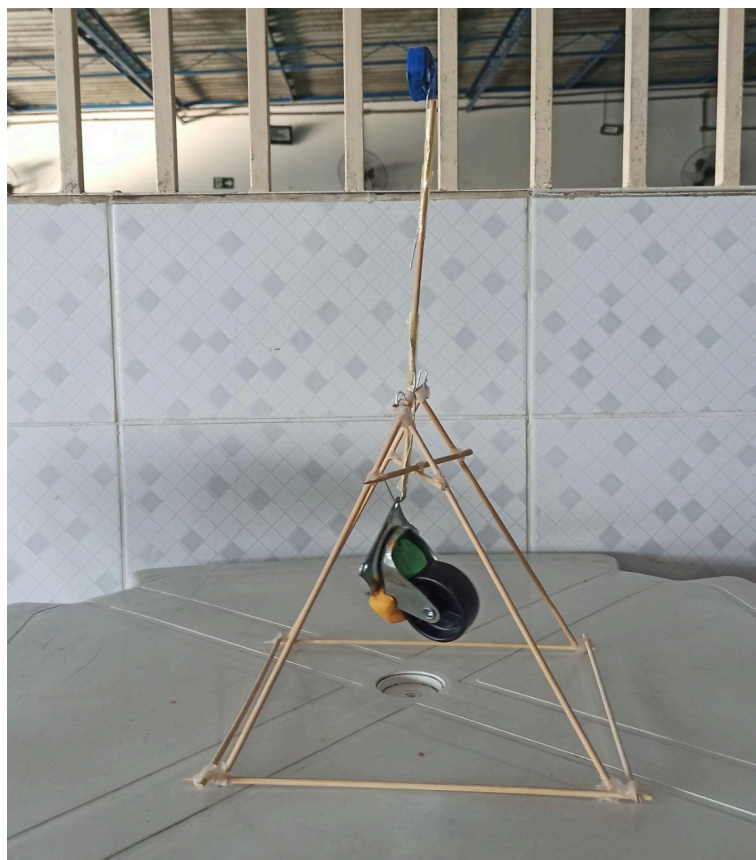
Fonte: A autora, 2025.

Figura B-7: Catapulta construída pelo grupo B4.



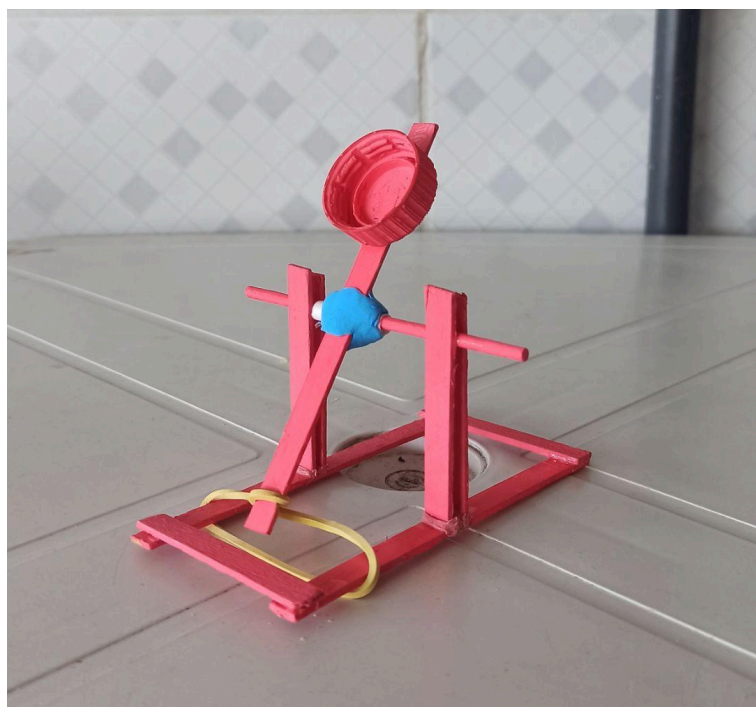
Fonte: A autora, 2025.

Figura B-8: Catapulta construída pelo grupo B1.



Fonte: A autora, 2025.

Figura B-9: Catapulta construída pelo grupo B2.



Fonte: A autora, 2025.

Figura B-10: Catapulta construída pelo grupo B3.



Fonte: A autora, 2025.

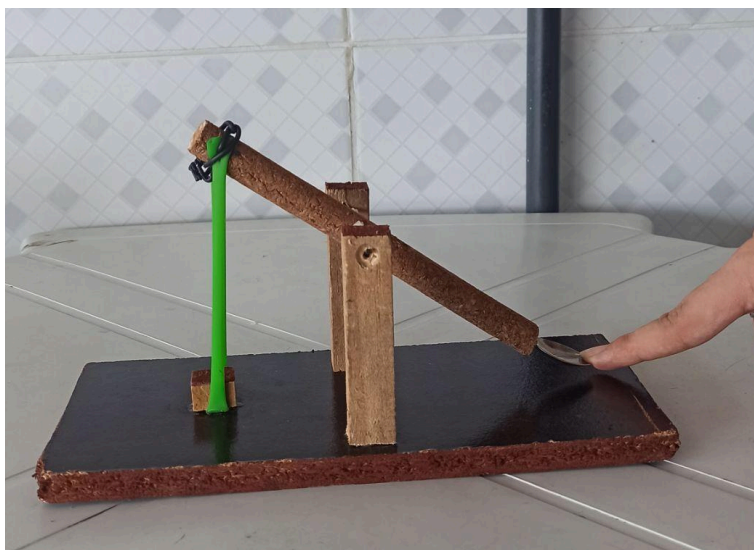
Figura B-11: Registro lateral da catapulta construída pelo grupo B3.



Fonte: A autora, 2025.



Figura B-12: Catapulta construída pelo grupo B5.



Fonte: A autora, 2025.

Figura B-13: Vista lateral da catapulta construída pelo grupo B5.



Fonte: A autora, 2025.

## APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL



### PRODUTO EDUCACIONAL

#### HIPERTEXTO: ANALISANDO O MOVIMENTO OBLÍQUO

**BÁRBARA LAVÍNIA VIDAL GOMES DARÉ**

**ORIENTADOR: RAMON GONZALEZ**

RECIFE

2025

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>100</b>
<b>2 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>102</b>
2.1 ELEMENTO TEXTUAL 1: HISTÓRIA.....	102
2.2 ELEMENTO TEXTUAL 2: CONCEPÇÕES ANTERIORES.....	103
2.3 ELEMENTO TEXTUAL 3: DEMONSTRAÇÃO.....	103
2.4 ELEMENTO TEXTUAL 5: MÉTODO CIENTÍFICO.....	105
2.5 ELEMENTO TEXTUAL 5: EXPERIMENTE!.....	105
2.6 ELEMENTO TEXTUAL 6: CONSTRUA SEU PROJETO.....	106
2.7 ELEMENTO TEXTUAL 7: ANALISE SEUS RESULTADOS.....	106
<b>3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>108</b>
<b>4 PLANOS DE AULA.....</b>	<b>111</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Este produto educacional foi desenvolvido como parte do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Seu objetivo é de tornar-se um recurso pedagógico que auxilie professores de Física, podendo ser utilizado em diversas salas de aula. O intuito de sua aplicação é possibilitar um melhor entendimento do conteúdo do Movimento Oblíquo, geralmente aplicado nas turmas de 9º ano do Ensino Fundamental II e 1º ano do Ensino Médio.

A metodologia é baseada nos preceitos estabelecidos pelos teóricos educacionais Jean Piaget e Lev Vygotsky. Baseados em teorias construtivistas, ambos autores afirmam que o conhecimento não é absorvido, é construído, levando em consideração seus conhecimentos prévios (Moreira, 1993). Os processos educacionais escolhidos são estabelecidos pela Aprendizagem Baseada em Projetos, Ensino por Investigação e Gamificação.

A Aprendizagem Baseada em Projetos baseia-se em uma questão motriz que envolve alunos reunidos em grupos para a construção de projetos capazes de resolver problemas reais (Bender, 2014). O Ensino por Investigação tem como objetivo a formulação e testagem de hipóteses pelos alunos (Carvalho, 2013). A gamificação, baseada na aplicação de elementos de jogos em ambientes de não jogos, tem como o objetivo o aumento do engajamento dos estudantes (da Silva, *et al*, 2014).

Os tópicos a seguir explicam detalhadamente o passo a passo de aplicação e a carga horária necessária para serem passados em sala de aula. Para a devida aplicação do projeto, é necessário ter alguns recursos digitais, como acesso a internet, computador, celulares e projetores. Devem ser separadas oito aulas para a aplicação mais o tempo necessário para a realização de atividades remotas, por volta de duas semanas e meia.

É importante realizar um planejamento detalhado antes da aplicação do produto educacional. A execução desse projeto pode demandar mais tempo que o previsto; certamente mais que sua aplicação em um método mais tradicional. Um planejamento detalhado permite que o produto seja aplicado sem prejuízo para os conteúdos seguintes. Por fim, deseja-se que a aplicação do projeto seja exitosa e que os alunos vivenciem um processo de aprendizado significativo.

O objetivo geral do projeto é promover uma aprendizagem significativa, proporcionando um recurso didático que facilite a compreensão e o aprofundamento do Movimento Oblíquo. O intuito é estimular a autonomia dos alunos na construção do

conhecimento. Além disso, o produto visa atender a diferentes estilos de aprendizagem, ao integrar elementos multimídias.

Enquanto objetivos específicos é possível citar a promoção do conhecimento e o acesso ao Ensino de Física, através das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs), da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), do Ensino por Investigação (EI) e da Gamificação. Além disso, destaca-se a facilitação na abordagem do conteúdo, dando espaço para exposição através do professor e para a construção autônoma dos alunos através das atividades híbridas.

Além disso, inclui-se a fomentação da colaboração e do trabalho em equipe durante as discussões e construção dos projetos. Por último, é possível utilizar desse produto para avaliar o entendimento de conceitos físicos através da aplicação prática do projeto e a estimulação do pensamento crítico ao relacionar teoria e prática.

## 2 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional em questão é um hipertexto em formato de infográfico apresentado na temática medieval, seguindo a sequência didática previamente aplicada. O texto é composto de diversas atividades que combinam atividades presenciais e remotas, gerando engajamento e experiências diferentes dependendo do leitor.

Figura C-1: Interface do Hipertexto.



Fonte: A autora, 2025.

### 2.1 ELEMENTO TEXTUAL 1: HISTÓRIA

No primeiro item, há um pequeno texto de familiarização com o conteúdo: a história das catapulas, conforme figura C-2. Nesse texto, há um link redirecionando para outra página: um artigo publicado pela Revista Superinteressante, disponível em: <https://super.abril.com.br/historia/a-mae-de-todas-as-guerras>. Escrito por Fabiano Onça, o artigo chamado "Catapulta: a história da invenção que mudou a história das guerras" fala um pouco das catapulas e de como esse artefato mudou para sempre a história da humanidade.

A escolha desse artigo veio da importância do estudo da Física e da Engenharia. Ao estabelecer conexões entre o desenvolvimento do pensamento científico e a

interdisciplinaridade, os alunos passam a atribuir maior significado aos seus estudos. Além disso, o texto de divulgação científica é mais acessível e de fácil compreensão – tornando essa atividade uma leitura interessante.

## 2.2 ELEMENTO TEXTUAL 2: CONCEPÇÕES ANTERIORES

O segundo elemento textual consiste em uma breve introdução ao segundo tema: as concepções anteriores sobre o Movimento Oblíquo, conforme visto na figura 2. Neste texto, há um *link* redirecionando o leitor para outro artigo: “Inércia e balas de canhão”, publicado pela Folha de São Paulo na coluna Ciência e escrita pelo físico Marcelo Gleiser, disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe0401200402.htm>. Esse artigo explica como os cientistas antes de Galileu imaginavam o movimento balístico.

Esse artigo foi escolhido devido a importância da desmistificação da Ciência. É crucial entender que Ciência não é feita apenas por gênios incompreendidos com QIs altíssimos e que estão sempre certos. Enxergar os erros de figuras como Aristóteles e outros cientistas faz com que esse ramo pareça mais acessível – porque se o leitor comete erros, assim como eles, isso sugere que a Ciência está ao alcance de todos (Cachapuz, 2005).

Figura C-2: Os dois primeiros elementos textuais.



Fonte: A autora, 2025.

## 2.3 ELEMENTO TEXTUAL 3: DEMONSTRAÇÃO

O terceiro elemento textual explica como podemos analisar melhor o Movimento Oblíquo, de forma prática e analítica, conforme indica a figura C-3. Ao final, há um link de redirecionamento, levando a um vídeo no *YouTube*. A escolha de um vídeo curto publicado

em uma rede social foi feita na intenção de aproximar o leitor do conteúdo, visto que esse formato de vídeo é muito consumido por essa faixa etária de adolescentes.

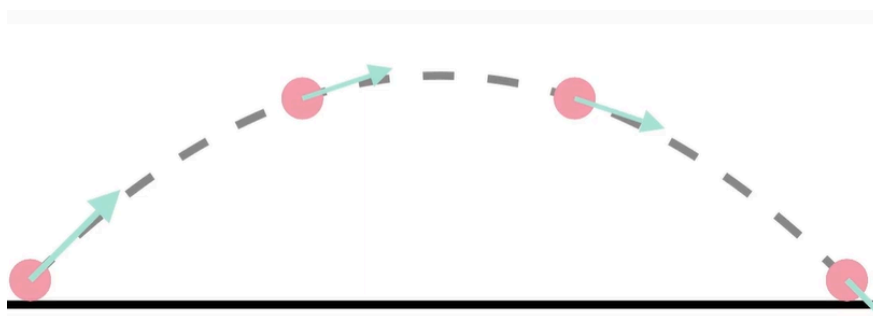
Figura C-3: Análise dos elementos textuais 3, 4 e 5.



Fonte: A autora, 2025.

A animação foi criada pela autora e desenvolvida em *Python* utilizando a biblioteca *Manim*. Esta biblioteca foi escolhida uma vez que seus objetos são visualmente atrativos e suas animações são muito dinâmicas. Além disso, o *Manim* permite criar animações com grande precisão. É possível ver um *frame* do vídeo na figura C-4 abaixo.

Figura C-4: *Frame* do vídeo “Movimento Oblíquo: uma breve demonstração”.



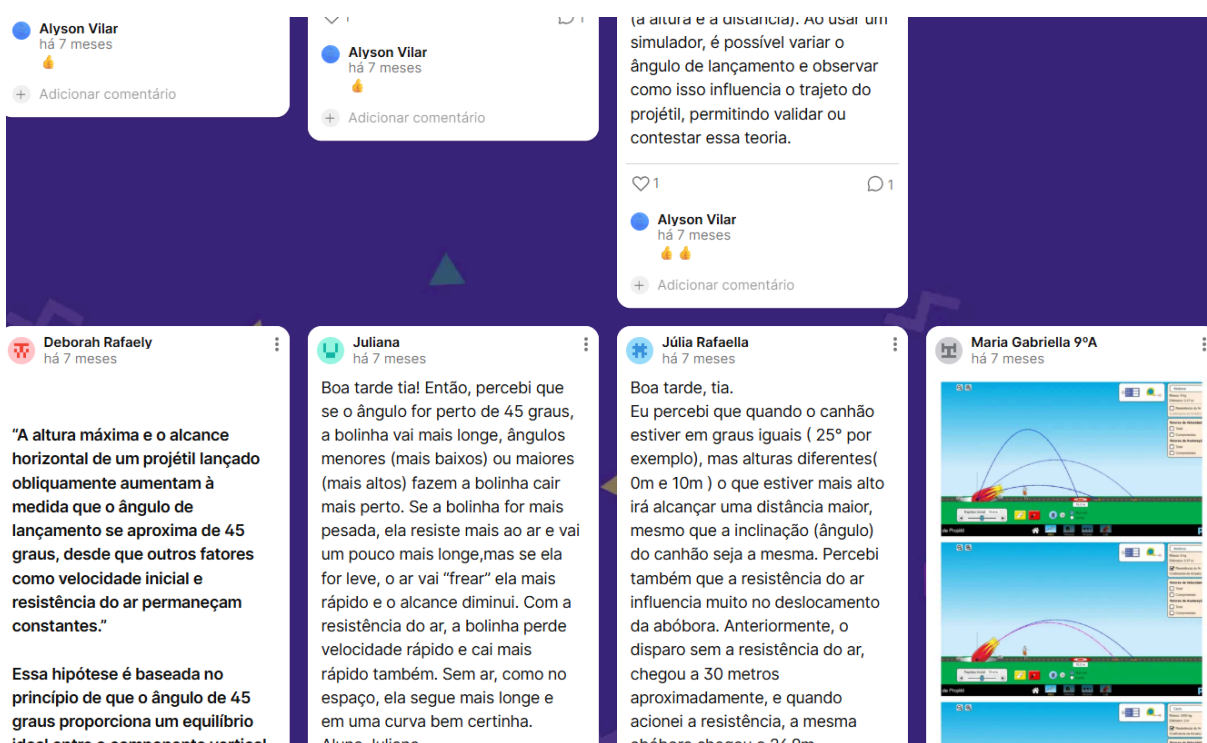
Fonte: A autora, 2025.

No vídeo, discute-se a decomposição dos movimentos. Em uma parte do vídeo, fala-se sobre o movimento no eixo horizontal, movimento uniforme, e na segunda parte, discorre-se sobre o movimento no eixo vertical, o movimento uniformemente variado (Halliday; Resnick, 2016). Trata-se dos aspectos do movimento física e matematicamente, trazendo gráficos da velocidade e do espaço.

## 2.4 ELEMENTO TEXTUAL 5: MÉTODO CIENTÍFICO

Neste elemento textual, o aluno é convidado a ler sobre o método científico. Assim, há dois links de direcionamento. O primeiro é um texto acadêmico explicando um pouco do que é o método científico e as suas etapas, disponível no *site* <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/metodo-cientifico.htm>. O segundo pede que o aluno elabore uma tese sobre o movimento e compartilhe numa plataforma chamada Padlet, cuja interface é visualizada na Figura C-5. Nesse espaço, foi criado um mural colaborativo, no qual os estudantes puderam adicionar textos e imagens para explicar suas hipóteses sobre o Movimento Oblíquo, disponíveis no link <https://padlet.com/proflavinia1/hip-teses-acerca-do-movimento-obl-quo-c6kb0muygzk8n57n>.

Figura C-5: Interface do mural colaborativo.



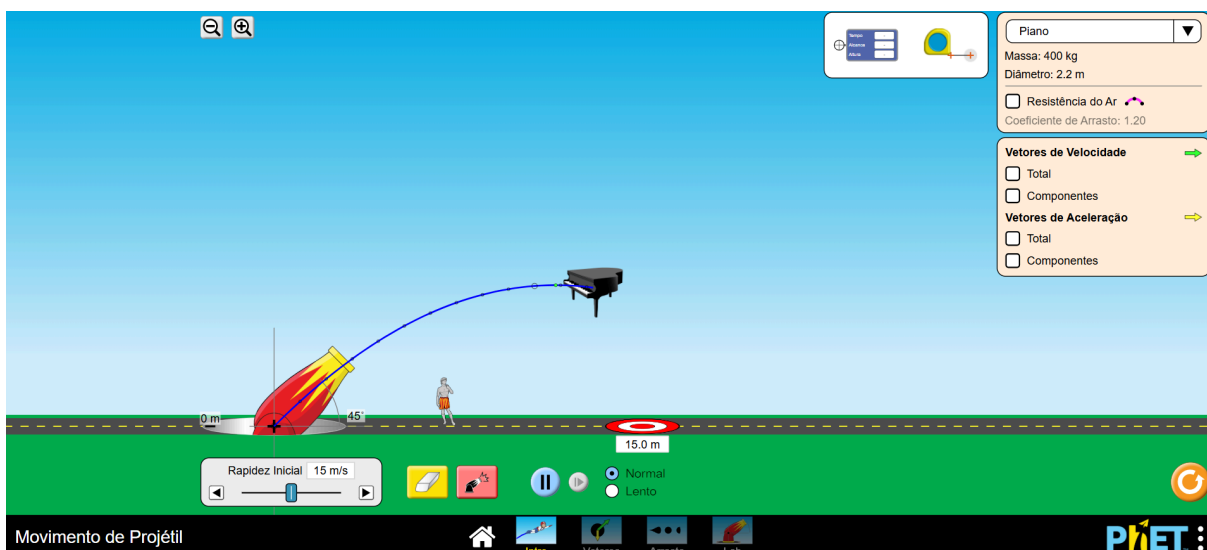
Fonte: A autora, 2025.

## 2.5 ELEMENTO TEXTUAL 5: EXPERIMENTE!

Nesta seção, o aluno é encaminhado para o *site* PhET Colorado, na simulação Movimento de Projétil, conforme a imagem C-6. Aqui, os alunos são estimulados a experimentar e fazer conclusões. É aqui que se utiliza parte dos princípios aprendidos no Ensino por Investigação.

Figura C-6: Interface da simulação “Movimento de Projétil” do PhET Colorado.





Fonte: A autora, 2025.

## 2.6 ELEMENTO TEXTUAL 6: CONSTRUA SEU PROJETO

Este elemento é construído com um pequeno texto, conforme imagem C-7. O objetivo é que os estudantes comecem a pensar no *design* de seus projetos.

Figura C-7: Elementos textuais 6 e 7.



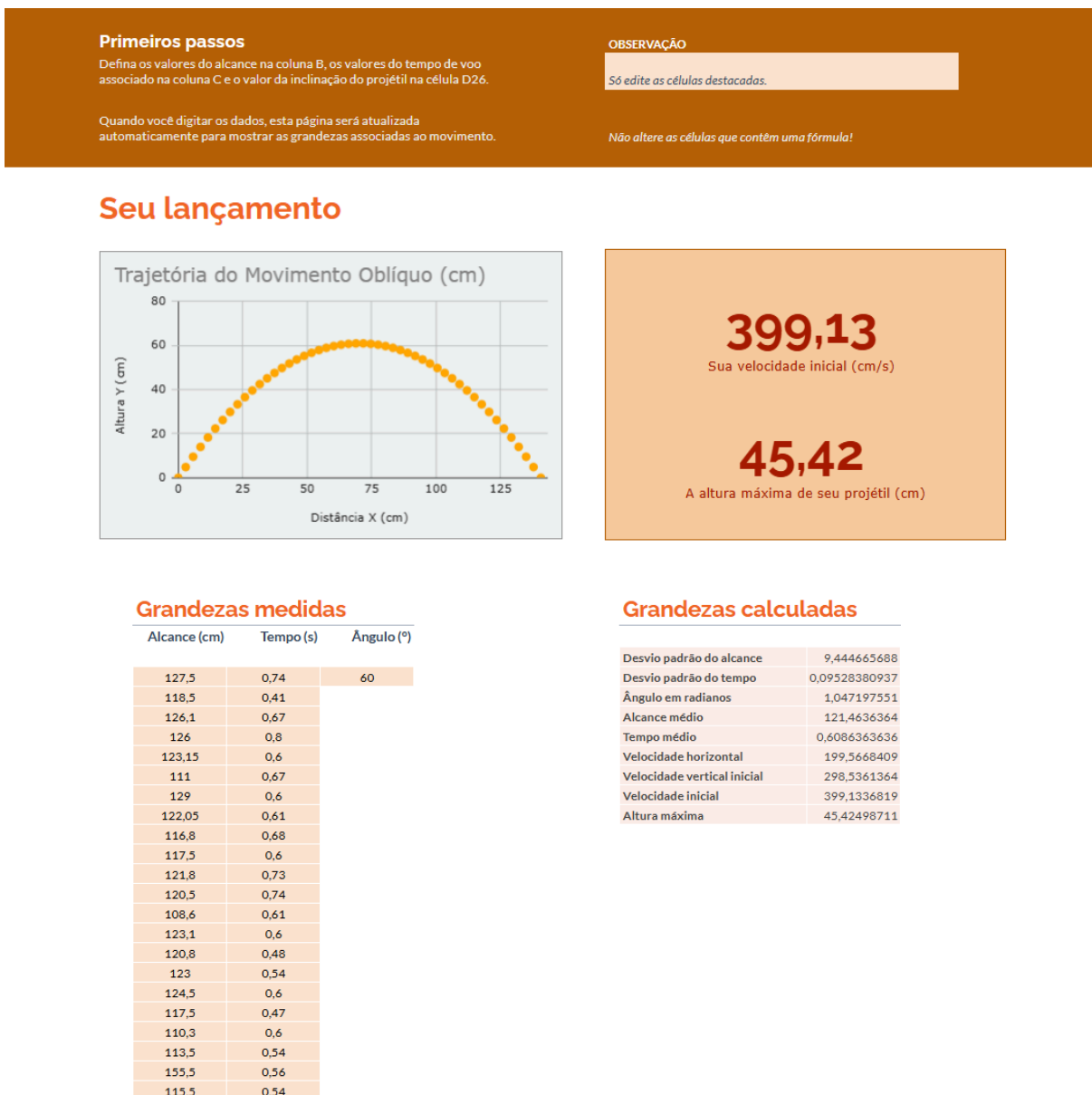
Fonte: A autora, 2025.

## 2.7 ELEMENTO TEXTUAL 7: ANALISE SEUS RESULTADOS

Neste elemento, conforme imagem C-7, o estudante é encaminhado para uma planilha, ilustrada na imagem C-8 e disponível em <https://docs.google.com/document/d/1qjPmXqKZ285gIjHT4oTRbV9gPa3cCLIWPtaNNYxm>

xGI/edit?usp=sharing. Esta planilha auxilia o estudante a realizar os cálculos de forma automática, mas não o isenta de fazer os cálculos na ficha impressa entregue a eles. A planilha também faz um desenho da trajetória ideal do Movimento Oblíquo baseada no ângulo de lançamento, tempo de voo e sua velocidade inicial. É importante notar que, neste caso, o alcance e a altura são maiores que os observados no cotidiano. Isso abre espaço para uma discussão sobre o papel da resistência do ar.

Figura 28: Interface da planilha para cálculos automáticos.



Fonte: A autora, 2025.



### 3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Ao total, foram ministradas 5 aulas, conforme quadro C-1 abaixo:

Quadro C-1: Aulas ministradas ao longo da sequência didática.

Modelo de aula	Número de aulas	Atividade	Tipo de atividade	Recursos
Presencial	1	Questionário de conhecimentos prévios	Individual	Ficha impressa
Presencial	1	Leitura de textos e discussão	Em grupo	Ficha impressa
Híbrida	-	Leitura e participação em atividades digitais	Individual	Hipertexto
Presencial	2	Discussão sobre o Movimento Oblíquo, a melhor forma de efetuar cálculos e sobre como construir os projetos	Em grupo	Vídeos, plataforma de simulação, quadro branco, marcadores, computador e projetor.
Híbrida	-	Construção dos projetos	Em grupo	Escolhidos pelos alunos
Presencial	2	Apresentação dos projetos e medições dos parâmetros necessários para determinar a velocidade do projétil	Em grupo	Catapultas, massa de modelar, trena, cronômetro, régua, transferidor e ficha
Híbrida	-	Realização dos cálculos	Em grupo	Ficha impressa
Presencial	2	Discussão final e questionário	Em grupo	Formulário digital

Fonte: A autora, 2025.

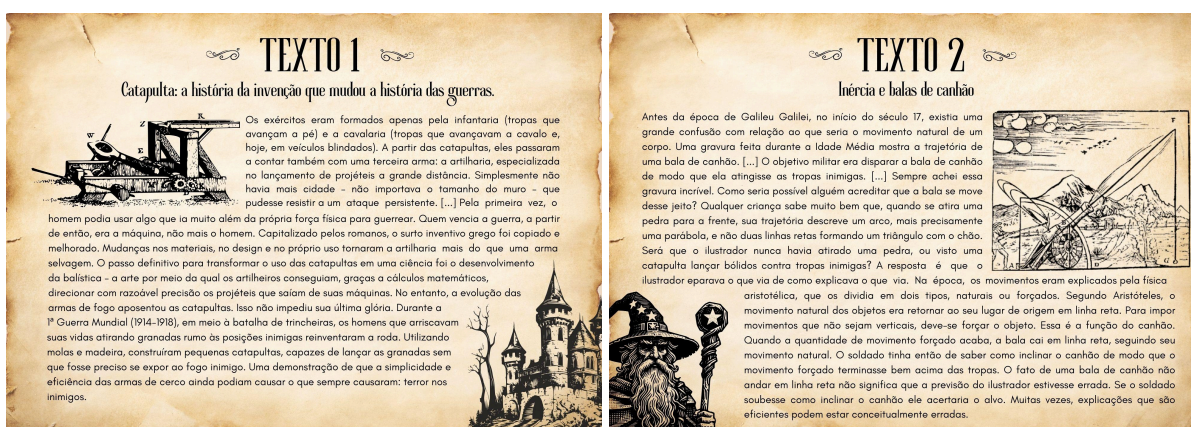
Na primeira aula, o objetivo principal foi levantar os conhecimentos prévios dos alunos, com o objetivo de direcionar o projeto. Assim, foi elaborada uma ficha com seis perguntas, conforme imagem C-9. A ficha foi aplicada em sala de aula e respondida individualmente por cada aluno. Determinou-se como objetivos específicos o estímulo da reflexão individual, a identificação de concepções equivocadas e criar uma base avaliativa para avaliações futuras.

Na segunda aula, foi elaborada uma segunda ficha com trechos de dois textos, conforme imagem C-10. Inicialmente, fez-se a ambientação para o ambiente gamificação, dividindo os alunos em grupos para a leitura. Sugere-se que os textos impressos sejam

entregues enrolados como papéis antigos e que a turma seja informada que nas próximas semanas haverá uma atividade em grupo em forma de competição.

A aula tem dois objetivos principais: após a leitura do texto 1, os alunos devem compreender que a catapulta é um objeto que simboliza a habilidade de utilizar princípios matemáticos e físicos; após a leitura do texto 2, os estudantes devem perceber que as concepções tidas como corretas pela ciência estão sempre em mudança. Além disso, como objetivos específicos, pode-se citar o estabelecimento de conexões entre os princípios físicos e matemáticos envolvidos no movimento através de um tratamento histórico, ler e interpretar textos de cunho científico e compreender o uso de conhecimentos científicos ao longo da História.

Figura C-10: Ficha para leitura dos textos.



Fonte: A autora, 2025.

Após a leitura do texto, foi passado para casa o Produto Educacional, a leitura do Hipertexto. Depois desse momento híbrido, realizou-se a terceira aula. Nela, discutiu-se sobre o Movimento Oblíquo e fez uma retomada de todas as atividades apresentadas no hipertexto. Como objetivo geral para essa aula, definiu-se a apropriação de conceitos físicos e matemáticos relacionados ao Movimento Oblíquo de forma que os alunos sejam capazes de compreender variáveis e realizar previsões. Como objetivos específicos, é possível citar a identificação de variáveis influentes na trajetória do projétil e a compreensão da decomposição da velocidade. Nesse momento, também foi possível atribuir pontos a grupos que mais se empenharam na leitura do Hipertexto.

No final da terceira aula, deu-se a quarta atividade: a construção de um objeto capaz de realizar lançamentos sob determinado ângulo. Cada grupo teve a liberdade de escolher seus projetos e os materiais adequados baseado em suas discussões e hipóteses. Em seguida, os grupos tiveram duas semanas para a construção de seus projetos.

Na quarta aula, fizeram-se as apresentações dos projetos e os lançamentos. Os alunos mediram o alcance máximo de seus projéteis e o tempo associado a cada lançamento. Nessa aula, o objetivo principal era que os alunos calculassem a velocidade inicial de cada um dos projéteis. Para isso, eles efetuaram medições do alcance, do tempo e voo, e as velocidades iniciais nos eixos horizontais e verticais. Neste sentido, é importante definir com os alunos os sistemas de pontuação e iniciar a contagem dependendo do desempenho de cada grupo

Na quinta aula, os alunos compartilham seus resultados e faz-se a sistematização dos conteúdos. Discute-se sobre as possibilidades e retoma-se os objetivos, se foram alcançados e o que poderia ser feito para mudar. Neste momento, também revelaria-se a equipe vencedora.

## 4 PLANOS DE AULA

Quadro C-2: Plano da aula 1

Aula 1: questionário inicial	
Tempo de aula:	1 hora/aula
Objetivo geral	Investigar os conhecimentos prévios dos alunos, com o objetivo de direcionar o projeto
Objetivos específicos	Estimular a reflexão individual de cada aluno Identificar o conhecimento já construído Identificar concepções equivocadas Base para avaliações futuras
Parâmetros curriculares	EM13CNT204: Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.
Materiais necessários	Ficha impressa (apêndice 1), canetas
Avaliação	Diagnóstica
Atividade	Aplicação do questionário individual

Fonte: A autora, 2025.

Quadro C-3: Plano da aula 2

Aula 2: leitura de textos e discussão	
Tempo de aula:	1 hora/aula
Objetivo geral	Estabelecer conexões entre princípios físicos e matemáticos envolvidos no movimento balístico, através de um tratamento histórico e cultural.
Objetivos específicos	Ler e interpretar textos de cunho científico Compreender o uso de conhecimentos científicos ao longo da História Estimular o trabalho coletivo
Parâmetros curriculares	EM13CNT303: Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
Materiais necessários	Ficha impressa

Avaliação	Considera-se o envolvimento dos alunos na leitura e sua capacidade de argumentação no momento da discussão.
Atividade	Leitura da ficha impressa em grupos pequenos (apêndice 2). Após a leitura, conversa sobre as ideias principais, registrando pontos importantes.

Fonte: A autora, 2025.

Quadro C-4: Plano da aula 3

Aula 3: discussão sobre os elementos do hipertexto e sistematização do Movimento Oblíquo	
Tempo de aula:	2 horas/aula
Objetivo geral	Apropriar-se dos conceitos físicos e matemáticos emergentes do Movimento Oblíquo, compreendendo suas variáveis e realizando previsões
Objetivos específicos	Reforçar os conceitos do Movimento Balístico Identificar quais variáveis influenciam a trajetória de um projétil Compreender a decomposição do vetor velocidade Aplicar fórmulas para prever a velocidade de um projétil
Parâmetros curriculares	EM13CNT204: Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.
Materiais necessários	Vídeos, plataforma de simulação, quadro branco, marcadores, computador e projetor.
Avaliação	Observação da capacidade do aluno de compreender os conceitos e participar das discussões
Atividade	Revisão do vídeo presente no hipertexto sobre o Movimento Oblíquo, reforçando os conceitos e fórmulas trabalhadas. Em seguida, são feitas novas simulações na plataforma PhET, testando variáveis, discutindo coletivamente o que foi observado.

Fonte: A autora, 2025.

Quadro C-5: Plano da aula 4

Aula 4: lançamento dos projéteis com a catapulta	
Tempo de aula	2 horas/aula

Objetivo geral	Calcular a velocidade inicial de cada um dos projéteis
Objetivos específicos	Efetuar medições de alcance horizontal e tempo de voo Refletir sobre os possíveis erros nas medições e discutir a importância da repetição experimental.
Parâmetros curriculares	EM13CNT205: Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.  EM13CNT301: Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
Materiais necessários	Catapultas construídas pelos alunos, ficha impressa (apêndice), lápis e borracha, cronômetro, trena e massa de modelar
Avaliação	Foi avaliado a participação dos estudantes, a precisão de suas medições, coerência dos cálculos e capacidade de interpretar resultados
Atividade	Os grupos se organizam para realizar os lançamentos com suas catapultas. Cada grupo realiza nove lançamentos, anotando a distância percorrida e o tempo de voo. Em seguida, os alunos calculam a velocidade inicial de seus lançamentos.

Fonte: A autora, 2025.

Quadro C-6: Plano da aula 5

Aula 5: discussão sobre os resultados do Movimento Oblíquo	
Tempo de aula	2 horas/aula
Objetivo geral	Analisar criticamente os resultados obtidos e o desempenho na atividade
Objetivos específicos	Analisar os resultados dos lançamentos realizados na aula anterior. Comparar os valores obtidos entre os grupos, identificando padrões ou discrepâncias. Estimular a autorreflexão sobre o desempenho individual e coletivo.

	Discutir o processo de construção e testes das catapultas, considerando aspectos de planejamento, execução e funcionamento.
Parâmetros curriculares	EM13CNT302: Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.
Materiais necessários	Celulares para responder o questionário, ficha impressa respondida, projetor para comparação de resultados.
Avaliação	Participação ativa nas discussões e entrega do questionário.
Atividade	Os grupos compartilharam seus resultados e discutiu-se as semelhanças e discrepâncias nos resultados. Levantou-se hipóteses para a diferença nesses resultados.

Fonte: A autora, 2025.

## REFERÊNCIAS

BENDER, Willian N. **Aprendizagem baseada em projetos**. Porto Alegre: Grupo A, 2014. *E-book*. ISBN 9788584290000. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788584290000/>. Acesso em: 12 set. 2024.

CACHAPUZ, Antonio; PÉREZ, Daniel Gil, CARVALHO, Anna Maria Pessoa de, VILCHES, Amparo. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. 2013.

DA SILVA, Andreza Regina Lopes et al. **Gamificação na educação**. Pimenta Cultural, 2014.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v.1.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.