



**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O
ENSINO DE CINEMÁTICA UTILIZANDO
EXPERIMENTOS**

Aristeu Pereira Simas

Manaus - Amazonas - Brasil

Setembro de 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS – IFAM

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O
ENSINO DE CINEMÁTICA UTILIZANDO
EXPERIMENTOS

Aristeu Pereira Simas

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MN-PEF) - Polo 04.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva

Manaus-AM - Brasil

Setembro de 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS – IFAM

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O
ENSINO DE CINEMÁTICA UTILIZANDO
EXPERIMENTOS

Aristeu Pereira Simas

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva – Presidente da Banca

Prof. Dr. Josefa Teixeira de Mendonça Pacobahyba

Prof. Dr. José Galúcio Campos

Manaus - AM - Brasil

Setembro de 2021

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 4

Ata da 42ª Defesa de Dissertação

Aos vinte e oito dias do mês de setembro, do ano de dois mil e vinte e um, às nove horas, por webconferência, ocorreu a Defesa da Dissertação do mestrando **Aristeu Pereira Simas**, intitulada “Uma proposta de sequência didática para o ensino de cinemática utilizando experimentos”, do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 4 das Instituições de Ensino Superior Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A Banca Examinadora foi composta pelo Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva, Prof.^a Dr.^a Josefa Teixeira de Mendonça Pacobahyba e Prof. Dr. José Galúcio Campos. O Professor Doutor Márcio Gomes da Silva, Presidente, deu início aos trabalhos, convidando os membros a comporem a Banca Examinadora. O Presidente fez a leitura dos procedimentos para defesa de dissertação, e convocou o mestrando para fazer a exposição de seu trabalho que, em seguida, foi arguido pelos membros da Banca Examinadora. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se privativamente e decidiu pela aprovação do trabalho. Ao final, os presentes foram chamados para tomarem conhecimento do resultado da avaliação, o Presidente da banca comunicou o interessado que feitas às devidas correções na dissertação, conforme sugestão da banca Examinadora, o discente é obrigado a entregar, na secretaria do polo 4, até sessenta (60) dias após a data da defesa, cinco (5) vias impressas e encadernadas no formato capa dura, e duas vias digitais em formato PDF, em CD, para os trâmites necessários à concessão do diploma, conforme Resolução Nº.47 - CONSUP/IFAM de 13 de julho de 2015. Nada mais havendo a tratar, foi lavrado a presente ata que, após lida e aprovada, será assinada pelos presentes.

Márcio Gomes da Silva

Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva
Presidente- IFAM

Josefa Teixeira de Mendonça Pacobahyba

Prof.^a Dr.^a Josefa Teixeira de Mendonça Pacobahyba

Membro Externo - UFRR

José Galúcio Campos

José Galúcio Campos
Membro Interno - IFAM

Biblioteca do IFAM - Campus Manaus Centro

S588u Simas, Aristeu Pereira.

Uma proposta de sequência didática para o ensino de cinemática utilizando experimentos / Aristeu Pereira Simas. – Manaus, 2021.

162 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM; Universidade Federal do Amazonas - UFAM; Sociedade Brasileira de Física - SBF, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva.

1. Ensino de Física. 2. Cinemática. 3. Física - didática. I. Silva, Márcio Gomes da. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Universidade Federal do Amazonas IV. Sociedade Brasileira de Física V. Título.

CDD 531

Dedico este trabalho à minha amada mãe Lucila da Silva Pereira, que nunca me abandonou nos momentos difíceis. Ela teve um papel essencial na realização de cada linha dessa pesquisa. Esse é o resultado de suas lutas diárias

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva, por acreditar em mim e sempre me motivar a correr atrás dos meus sonhos.

Aos meus colegas do mestrado que, sempre estiveram comigo nessa jornada, em especial o Fábio Yamashita, Ivan Viana e Paulo Tavares, e posso assim dizer que foram fundamentais para essa conquista.

Agradeço à minha família, em especial ao Mikael, Jéssica Maria, Messias, Keteriane, Paulo Jackson e Lucila, minha mãe. A vocês que sempre torceram por mim.

À Evelyn Meireles, por sempre estar ao meu lado nos momentos de sofrimento e angústia. Meu eterno agradecimento pelo carinho, companheirismo e confiança.

Agradeço ao meu grande amigo Elivelton Ramos, por me aceitar em suas casa, durante os fins de semana. Sem sua ajuda dificilmente chegaria até esse momento.

Agradeço à Sociedade Brasileira de Física pela oportunidade concedida e pelo desenvolvimento do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, tão importante para a busca da excelência no ensino de física.

À FAPEAM pelo apoio financeiro que me permitiu um tempo maior de dedicação para a realização dos trabalhos referentes ao mestrado. E a todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte dessa formação o meu muito obrigado.

À CAPES, o presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES). Agradeço pelo apoio a esse programa de mestrado.

RESUMO

O presente trabalho trata-se do relato da produção e elaboração de uma sequência didática para aplicar no 9º ano do ensino fundamental II. Uma Sequência didática é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas que tem como finalidade atingir um objetivos educacional, isto é, a aprendizagem do aluno. Nessa sequência tratamos do ensino de cinemática, que é uma área da Física que estuda os movimentos de corpos sem se importar com a causa do movimento, desde a parte inicial até movimento relativo. Para desencadear nossa proposta fundamentamos essa sequência didática na teoria sociocultural de Lev Vygotsky, pois essa teoria enfatiza a interação entre as pessoas em desenvolvimento e a cultura onde estão inseridas. É importante salientar que nesta sequência didática, enfatizamos o estudo de Cinemática utilizando experimentos, pois os mesmos proporcionam vantagens ao serem utilizados em sala de aula, como a motivação causada no estudante pelo fato de ver algo diferente em sala de aula e verifica-se um interesse maior dos alunos no uso de experimentos.

Palavras-chave: Experimentos – Ensino de Cinemática – Teoria de Vygotsky

ABSTRACT

The present work is about the report of the production and elaboration of a didactic sequence to be applied in the 9^o year of elementary school II. A didactic sequence is a set of ordered, structured activities aimed at achieving an educational objective, that is, student learning. In this sequence, we deal with the teaching of kinematics, which is an area of Physics that studies the movements of bodies without caring about the cause of the movement, from the initial part to relative movement. To trigger our proposal, we based this didactic sequence on Lev Vygotsky's sociocultural theory, as this theory emphasizes the interaction between people in development and the culture where they are inserted. It is important to point out that in this didactic sequence, we emphasize the study of Kinematics using experiments, as they provide advantages when used in the classroom, such as the motivation caused in the student by seeing something different in the classroom and there is a greater student interest in the use of experiments.

Key-words: experiments – Kinematics Teaching – Vygotsky's Theory.

Lista de abreviaturas

INEP Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais

MEC Ministério da Educação

MNPEF Mestrado Profissional em Ensino de Física

PCN's Parâmetros Curriculares Nacionais

PEF Projeto de Ensino de Física

PSSC Physical Science Study Committee

SI Sistema Internacional de Unidades

TEC Tecnologia da Informação e Comunicação

USP Universidade de São Paulo

MRU Movimento Retilíneo Uniforme

MRUV Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

Lista de Símbolos

- Δ Letra grega delta maiúsculo
- x Posição em relação ao eixo x
- y Posição em relação ao eixo y
- t Tempo
- x_0 Posição inicial em relação ao eixo x
- y_0 Posição inicial em relação ao eixo y
- t_0 Tempo inicial
- Δx Desloca ou variação da posição
- Δt Variação de tempo
- V_m Velocidade média
 - v Velocidade instantânea
- a_m Aceleração média
 - a Aceleração instantânea
 - g Aceleração gravitacional na superfície do planeta terra
- $\Delta \vec{r}$ Vetor deslocamento
- \vec{v}_m Vetor velocidade média
 - \vec{v} Vetor velocidade média instantânea
- \vec{a}_m Vetor aceleração média
 - \vec{a} Vetor aceleração instantânea
- v_x Componente do vetor velocidade em relação ao eixo x .
- v_y Componente do vetor velocidade em relação ao eixo y .
- R Alcance horizontal

Lista de Figuras

3.1	Sistema Cartesiano xy	46
3.2	Uma partícula desloca-se sobre o eixo x , no instante t , sua coordenada terá valor $x(t)$	47
3.3	(a) A curva $x(t)$ de um elevador que se move para cima ao longo do eixo .(b) a curva $v(t)$ de um elevador. Observe que é a derivada $x(t)$. (c) a curva $a(t)$ do elevador, que é a derivada da curva $v(t)$	52
3.4	(a) A posição $x(t)$ de uma partícula que se move com aceleração constante. (b) A velocidade $v(t)$ da partícula, dada em cada ponto pela inclinação da curva $x(t)$. (c) A aceleração $a(t)$, constante da partícula.	54
3.5	Na ausência da resistência do ar, dois objetos quaisquer caem com a mesma taxa e atingem o solo simultaneamente. A maçã e a pena vistas aqui estão caindo no vácuo.	60
3.6	(a) Três setas com mesmo módulo e mesma orientação. (b) Três trajetórias diferentes que ligam A e B.	62
3.7	(a) Diagrama da soma de dois vetores AB e BC. (B) Outra representação para a soma dois vetores AB e BC.	63
3.8	Dois vetores, \vec{b} e $-\vec{b}$, com mesmo módulo mas sentidos opostos.	64
3.9	(a) vetores \vec{a} , \vec{b} e $-\vec{b}$. (b) subtração de vetores	64
3.10	(a) Vetor \vec{a} e suas componentes. (b) \vec{a} deslocado, porém suas componentes não mudam. (c) Os catetos correspondem as componentes e a hipotenusa é o vetor original.	66
3.11	Produto escalar de \vec{a} por \vec{b}	69
3.12	Partícula no \vec{r} de um objeto no sistema de coordenadas	71

3.13	Deslocamento de uma partícula que sai da posição 1 até a posição 2, em um intervalo de tempo Δt . A figura também mostra a reta tangente á trajetória da partícula na posição 1.	73
3.14	A velocidade \vec{v} e suas componentes escalares v_x e v_y	74
3.15	O vetor \vec{a} e suas componentes escalares a_x e a_y	76
3.16	Movimento de um projétil lançado da origem de um sistema de coordenadas com velocidade. como mostra a figura o movimento pode ser decomposto em dois movimentos: movimento horizontal e movimento vertical .	77
3.17	A figura mostra o lançamento de uma bola de beisebol. A trajetória I leva em conta a resistência do ar. A trajetória II, mostra uma situação ideal, ou seja, ignora a resistência do ar.	81
3.18	A imagem mostra dois objetos, A e B , e um observador O. E a definição de velocidade relativa.	82
3.19	Referencial em movimeto relativo de translação unifome.	84
3.20	Dois referenciais em movimento relativo de translação uniforme	88
4.1	Slide referente ao conceito de Cinemática	99
4.2	Atividade 1 proposta em sala de aula	100
4.3	slide sobre os tipos de movimento retilíneo uniforme	101
4.4	Foto da tabela de exercício Q1.1 do produto educacional.	102
4.5	Slide sobre movimento uniformemente variado	103
4.6	Experimento realizado na atividade experimental 2	104
4.7	Tabela da atividade experimental 2	105
4.8	Slide sobre a aula de queda livre	107
4.9	Exemplos de lançamento oblíquo e horizontal	107
4.10	Experimento de lançamento oblíquo	108

Lista de Tabelas

3.1	Equações de Movimento com aceleração constante	57
4.1	Tabela de exercício Q3.1	109

Lista de Quadros

1	Relato sobre estrutura e organização do Produto Educacional	111
2	Relato sobre atividades propostas e métodos utilizados	112
3	Relato sobre viabilidade da aplicação e utilização do produto	113

Sumário

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Alguns trabalhos sobre o ensino de cinemática	22
1.1.1	Uma proposta para o uso de jogos no ensino de cinemática para o 9º ano do ensino fundamental	23
1.1.2	Ensinando cinemática através da análise de movimentos em vídeos de captura de games	23
1.1.3	Sequência didática para o ensino de cinemática através de vídeo análise baseada na teoria da aprendizagem significativa	24
1.1.4	Mais comentários sobre os trabalhos relacionados	25
1.2	Objetivo Geral	26
1.3	Objetivos Específicos	26
1.4	Estrutura da Dissertação	26
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	28
2.1	PSICOLOGIA COGNITIVA: UMA PERSPECTIVA SOBRE VYGOTSKY E A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL	28
2.1.1	SOBRE VYGOTSKY	28
2.1.2	A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY	29
2.2	ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: DO ENSINO TRADICIONAL AO ATUAL	36
2.3	A PROPOSTA DE VYGOTSKY PARA AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	40
2.4	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	42
3	CINEMÁTICA	44

3.1	MOVIMENTO	44
3.1.1	Sistema de Referência	44
3.1.2	Movimento retilíneo	46
3.1.3	Velocidade média e velocidade escalar média	48
3.1.4	Velocidade instantânea	49
3.1.5	Aceleração	50
3.1.6	Mais sobre Aceleração Constante	57
3.1.7	Aceleração em Queda Livre	59
3.2	UM POUCO SOBRE VETORES	61
3.2.1	Adição Geométrica de Vetores	62
3.2.2	Componentes de Vetores	65
3.2.3	Vetor Unitário	67
3.2.4	Soma de vetores a partir das componentes	67
3.2.5	Multiplicação de Vetores	68
3.3	MOVIMENTO EM DUAS E TRÊS DIMENSÕES	70
3.3.1	Posição e Deslocamento	70
3.3.2	Velocidade Média e Velocidade Instantânea	72
3.3.3	Aceleração Média e Aceleração Instantânea	75
3.3.4	Movimento de Balística	76
3.4	MOVIMENTO RELATIVO	81
3.4.1	Velocidade relativa	82
3.4.2	Movimento relativo de translação	83
3.4.3	A transformação de Lorentz	86
3.4.4	Consequências das transformações de Lorentz	90
4	METODOLOGIA	92
4.1	O planejamento das aulas (ou sequência didática)	94
4.2	FASES DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	98
4.2.1	Descrição da Aula 1	98
4.2.2	Descrição da Aula 2	99
4.2.3	Descrição da Aula 3	101
4.2.4	Descrição da Aula 4	103
4.2.5	Descrição da Aula 5	104

4.2.6	Descrição da Aula 6	106
4.2.7	Descrição da Aula 7	108
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	110
5.1	MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	110
5.2	AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL SOB A PERSPECTIVA DE PROFESSORES DE FÍSICA	111
5.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS	114
5.4	Resultados esperados com a aplicação no ensino básico	115
	Considerações Finais	116
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	119
	Appendices	122
	A Produto Educacional	123
	Appendices	160
	B Documentos sobre a análise do professores	161

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Quando se inicia o estudo de Física no 9º ano, dentro da disciplina de Ciências, o primeiro tópico a ser estudado é a Cinemática. A cinemática é a área da Física que estuda os movimentos dos corpos sem levar em conta a causa do movimento. Através dela é possível descrever, comparar e classificar os movimentos (NUSSENZVEIG, 2013).

As grandezas que envolvem o movimento são a variação de espaço, variação de tempo, velocidade e aceleração. Todavia seu estudo não se limita apenas a essas quatro grandezas, isso porque os movimentos podem ser expresso por modelos matemáticos, que aplicam-se a corpos cuja as dimensões são desprezíveis. Esse tema está presente no cotidiano do aluno, por exemplo, quando o mesmo precisa saber o tempo mínimo para chegar à escola, o que torna o ensino de Cinemática interessante e muito relevante, pois proporciona um conhecimento científico útil para o seu cotidiano.

O ensino de Cinemática encontra várias dificuldades, entre elas, o tempo excessivo gasto no ensino de fórmulas sem correlação com a natureza e a falta da realização de experimentos, o que dificulta a visualização do fenômeno pelos alunos. Essas dificuldades causam prejuízo no processo de ensino/aprendizagem (LARIUCCI; NAPOLITANO, 2001).

Outro ponto que desfavorece a aprendizagem do aluno, quando se trata do ensino de Física, é o estudante não ter uma base sólida na disciplina de matemática. Por exemplo, os indicadores do PISA¹ apontam que em matemática 68,1 % dos alunos do Brasil estão

¹O Programa Internacional de Avaliação de Aluno (PISA) realiza uma avaliação a cada 3 anos, afim de medir o desempenho de escolas públicas e particulares na área de leitura, matemática e ciências. A prova do PISA realizada em 2018 em 79 países, cujos dados foram divulgados em 2020, apresentou resultados insatisfatórios (INEP, 2019).

no pior nível de proficiência, com relação ao mínimo para o exercício da cidadania. Mais de 40% dos jovens que se encontram na faixa de nível básico de conhecimento não conseguem resolver questões simples que envolvem seu cotidiano, e somente 0,1 % dos alunos tem nível de proficiência máxima(INEP, 2019).

Ainda sobre o PISA, na área de ciências, nenhum aluno conseguiu atingir o nível máximo de proficiência e 55% dos alunos não atingiram o nível básico. Os indicadores mostram que o Brasil está no mínimo três anos e meio atrás dos países desenvolvidos como os Estados Unidos e a China(INEP, 2019).

Neste sentido, em meio a tantas dificuldades, precisamos buscar por novos métodos e novas estratégias de ensino. Essas estratégias e métodos devem desenvolver algumas das habilidades e competências dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's). Para isso vamos nos orientar pelos PCN's. Nos PCN's estão sintetizadas as competências e habilidades que devem ser desenvolvidas pelo estudante em cada disciplina.

Uma das habilidades e competências a ser desenvolvida pelo estudante é a Investigação e compreensão:

Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar; conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas; Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos; Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões; Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico (PCN, 2002, p.29).

A ideia básica desse trecho é que os estudantes desenvolvam habilidades como observar, elaborar hipóteses e investigar fenômenos físicos. Explorar essas habilidades são de fundamental importância, visto que a investigação científica é uma ótima oportunidade de relacionar o conhecimento teórico com a prática, ou seja, o estudante terá a oportunidade de associar os conceitos físicos com o seu cotidiano.

Motivados em buscar uma estratégia de ensino que pudesse desenvolver as habilidades e competências dos PCN's e contribuísse para o desenvolvimento do processo de ensino/aprendizagem de Cinemática decidiu-se trabalhar com a experimentação em sala de aula, pois a experimentação tem como processo fundamental o desenvolvimento do

método científico, que aborda os seguintes aspectos: observação; formulação de hipótese, experimentação, interpretação dos resultados e conclusão.

Para a BNCC (2018), as habilidades que devem ser desenvolvidas com a utilização das atividades experimentais são: noções sobre probabilidade e incerteza para a interpretação de atividades experimentais relacionadas os fenômenos físicos, sabendo reconhecer os limites da ciência.

Neste sentido, o docente deve criar e disponibilizar material de orientação, aprofundar os conhecimentos sobre as novas estratégias na didática. Assim, o professor poderá ajudar o estudante no processo de ensino aprendizagem (BNCC, 2018)

Outro fator crucial de optar-se pelo uso de experimentos neste trabalho é que os experimentos de Física tornam as aulas mais dinâmicas e criativas, o que desperta o interesse dos alunos. Segundo Alves e Stachak (2005, p. 1):

O ato de experimentar no ensino de Física é de fundamental importância no processo ensino-aprendizagem e tem sido enfatizado por muitos autores. Esta ênfase por um ensino experimental adiciona-se importantes contribuições da teoria da aprendizagem em busca da contribuição do conhecimento.

O ato de introduzir os conceitos físicos de uma maneira dinâmica ou através da experimentação desperta nos alunos o senso de investigação e curiosidade, pois os alunos sentem-se estimulados a participar das aulas de forma ativa, buscando informações sobre os princípios físicos. Desta forma, o ato de aprender e ensinar se tornaria uma ação realmente produtiva para todos os atores da sala de aula.

A utilização adequada de diferentes metodologias experimentais, tenham elas a natureza de demonstração, verificação ou investigação, pode possibilitar a formação de um ambiente propício ao aprendizado de diversos conceitos científicos sem que sejam desvalorizados ou desprezados os conceitos prévios dos estudantes (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.190).

Pesquisando sobre os trabalhos de dissertação relacionados com o uso de experimentação voltados para o 9º ano do ensino fundamental, observou-se que existia um acervo literário pequeno e que a maioria falava sobre o uso de tecnologias no ensino de ciências. Sendo assim este trabalho adquire grande importância para o ensino de Física no 9º ano.

Refletindo sobre a importância do ensino de Física mencionados acima, buscamos elaborar uma metodologia em forma de sequência didática que poderá contribuir para o processo de ensino-aprendizagem em Física, na disciplina de ciências do 9º ano.

O motivo da escolha de uma sequência didática para trabalhar, é que a mesma é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores com pelos alunos (ZABALA, 1998, p. 18) ”.

A sequência didática é uma estratégia que pode auxiliar na organização do processo de ensino-aprendizagem, possibilitando uma melhora na atuação do professor que pode se preparar para as variáveis que intervêm no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, ela proporciona ao estudante, autonomia para a resolução de situações didáticas, estudos e reflexões relativo à Física e relacionadas com o seu cotidiano.

Após a escolha da sequência didática, determinamos uma metodologia em que o professor exercesse o papel de mediador, ou seja, o professor poderia dar contribuições na compreensão inicial do assunto abordado, mas o protagonista no processo de aprendizagem seria o estudante. Buscou-se por uma metodologia onde a interação social tivesse um papel importante e que se encaixasse bem com a utilização de experimentos, pois o mesmo é de fundamental relevância na sequência didática.

Tais requisitos aproximaram o trabalho da Teoria Sociocultural de Vygotsky. Segundo Gaspar (2014), o princípio básico para qualquer pedagogia Vygotskyana é que o conteúdo, por exemplo o de Ciências, seja ensinado ou aprendido através de quaisquer estratégias, desde que elas possibilitem o desencadeamento da interação social.

Para a Teoria de Vygotsky, pode-se atribuir às atividades experimentais duas relevantes vantagens, com relação a outras práticas pedagógicas, na hora de aplicar o conteúdo: A motivação causada pela própria atividade experimental e a concretização de conceitos físicos.

1.1 Alguns trabalhos sobre o ensino de cinemática

Aqui há três artigos referentes ao ensino de Cinemática. No caso, trabalhos de dissertações que são voltados para o ensino de física.

1.1.1 Uma proposta para o uso de jogos no ensino de cinemática para o 9º ano do ensino fundamental

Este trabalho é de autoria de Kitéria Karoline dos Santos Alves. A dissertação de Mestrado foi apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Física da Universidade de Brasília, no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessário à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O Referencial teórico que Karoline Alves baseou sua dissertação foi Vygotsky, onde ela usou a interação entre os indivíduos como ferramenta de construção do pensamento e da linguagem. Seu trabalho propõe uma alternativa para o ensino de conceitos como grandezas físicas, e a cinemática para uma turma de 9º ano do ensino fundamental. O método utilizado por Karoline foi usar jogos educativos para ensinar Física. Para Alves:

Os jogos provem situações de interação social: aluno interage com outros alunos e com o próprio professor que direciona as relações de forma catalizadora no processo ensino e aprendizagem. Durante os jogos que serão aplicados, o professor põe problemas de diversos tipos (ALVES,2019,p.21).

Durante suas aulas, a autora comentou sobre velocidade média, aceleração média, função horária da posição e da velocidade, equação de torricelli e as grandezas que envolvem a cinemática, sempre agregando algum tipo de jogo que possa gerar interação entre os alunos. Esse interação é que buscamos em nossa proposta, e esse trabalho servirá de referencia para nos guiar quanto a interação com os estudantes.

Em sua conclusão a autora escreveu que percebeu traços de que os alunos conseguiram atravessar a Zona de Desenvolvimento Potencial até chegarem na Zona de Desenvolvimento Proximal, quando a mesma analisou as resposta nas anotações feitas pelos alunos nas apostilas. Portanto, os alunos conquistaram autonomia diante do nível de problemas proposto nos jogos.

1.1.2 Ensinando cinemática através da análise de movimentos em vídeos de captura de games

Este trabalho foi elaborado por Manoel Coelho da Silva Neto ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Física(MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Em seu trabalho Neto apresenta uma atividade de ensino para tópicos de cinemática, onde é utilizado Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e o jogo Angry Birds como motivador do engajamento do aluno no processo de aprendizagem.

O autor sugere que este tipo de atividade é efetiva e promove uma maior aproximação do aluno à disciplina de Física. Segundo Neto:

Um elemento onipresente neste cotidiano são os jogos, tais como Angry Birds, Minecraft e Portals, por exemplo. Estes jogos, que são extremamente atraentes para os estudantes, possuem boa parte de sua física correta. Deste modo, podem ser aproveitados pelo professor para, ao invés de serem elementos que distraem a aula, servem como um poderoso elemento de motivação e apresentação inicial de conceitos que o aluno necessita aprender (NETO, 2016, p.11).

Aplicação da proposta foi realizada no Colégio Estadual Conde Pereira Carneiro, em Angra dos Reis-RJ. Os alunos cumpriram atividades de recuperação. Na ocasião, o autor fez um vídeo capturando imagem do jogo Angry Birds para, posteriormente, analisar os movimentos no software Tracker. Com isso, trabalhou-se todos os conceitos fundamentais da cinemática, como o de posição, deslocamento, velocidade e aceleração. Também tópicos como movimento uniforme, acelerado e lançamento de projéteis.

Na conclusão, Neto afirma que o projeto foi muito eficiente e que os resultados sugerem que esse tipo de atividade proporciona uma maior aproximação do aluno com o conteúdo de Física, estimulando a autonomia e a independência na aprendizagem do estudante, qualidades que são desejadas em qualquer metodologia de ensino.

1.1.3 Sequência didática para o ensino de cinemática através de vídeo análise baseada na teoria da aprendizagem significativa

Rafael Pinheiros Santo, produziu sua Dissertação de Mestrado e apresentou ao Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Durante a produção de sua dissertação o autor desenvolveu um produto educacional para ensinar Cinemática através de vídeo análise, utilizando o software Tracker, para turmas do ensino médio. O produto educacional em questão consiste em uma sequência didática, que foi conduzida por algumas perguntas, com o intuito de construir com os

alunos uma aprendizagem significativa.

Para desenvolver seu estudo Santos (2016) baseia sua pesquisa na teoria da aprendizagem significativa e o uso da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC's). Sobre as (TIC's), Santos afirma que:

Os smartphones, tablets e computadores são instrumentos que servem como alternativa para uma educação mais próxima da realidade do aluno e são atrativos que podem melhorar e valorizar a aula. A escola deve ensinar o aluno a conviver com as novas tecnologias para que o aluno se torne um cidadão consciente das mudanças que ocorrem no mundo moderno (SANTOS, 2016, p. 23).

Durante a aplicação do seu produto educacional Santos trabalhou conceitos fundamentais como o referencial, movimento, repouso, trajetória e posição, velocidade média e aceleração média, também as equações de movimento tais como movimento retilíneo uniforme, movimento retilíneo e uniformemente variado.

Por fim, Santos (2016) afirma em sua conclusão que a sequência didática e o produto contribuíram para compreensão dos conceitos de Cinemática e garantiu uma aula reflexiva e analisando as respostas dos alunos foram encontrados indicadores de que houve uma aprendizagem significativa.

1.1.4 Mais comentários sobre os trabalhos relacionados

Aqui será tratado sobre algumas lacunas e semelhanças que existem nos trabalhos relacionados sobre Cinemática.

Como crítica geral observou-se que a maioria dos trabalhos relacionados com o ensino de Física voltado para o 9º ano não utilizam atividades experimentais para o ensino de cinemática. Em sua maioria fazem uso da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC's) para trabalharem em sala de aula.

No primeiro trabalho a semelhança está em utilizarmos o mesmo teórico da educação Vygotsky, mas existem muitas diferenças, por exemplo, no primeiro trabalho a autora não trata sobre o assunto de lançamento oblíquo e fala de maneira mais superficial sobre os temas de aceleração média. Nesse trabalho abordaremos tanto os conceitos de aceleração como os de lançamento oblíquo utilizando experimentos dentro e fora da sala de aula.

No segundo e terceiro observou-se que foi utilizado as (TIC's) para o ensino de cinemática, em nosso projeto optou-se em utilizar o uso de experimentos pois o mesmo é

defendido pelos PCN's. E porque o uso de experimentos torna as aulas mais dinâmicas e interessantes para o estudante. Como semelhança temos que tantos os trabalhos citados quanto esse trabalho abordam os conceitos de lançamento oblíquo. Todos usando estratégias de ensino diferentes, mas abordando o mesmo assunto.

1.2 Objetivo Geral

- Desenvolver uma sequência didática utilizando experimentos sobre os conceitos fundamentais da cinemática para turmas de 9º ano do Ensino Fundamental II.

1.3 Objetivos Específicos

- Incentivar a busca sobre o conhecimento de Cinemática e suas relações com o contexto social.
- Oportunizar aos alunos conhecimentos sobre os conceitos fundamentais da Cinemática, e a percepção sobre a relação entre a Cinemática e a matemática.
- Realizar experimentos e atividades lúdicas sobre cinemática que proporcionem uma aprendizagem significativa.

1.4 Estrutura da Dissertação

Essa dissertação está dividida em seis capítulos, além das Considerações Finais e Referências. No capítulo 1, intitulado Introdução, encontra-se a motivação que nos levou a trabalhar com esse tema e os objetivos pretendidos para com o produto educacional. No capítulo 2, dispomos da fundamentação teórica, na qual discutimos sobre a teoria da aprendizagem que fundamenta esse trabalho, a análise de trabalhos publicados sobre Cinemática e uma abordagem sobre a definição de sequência didática. O capítulo 3, constitui a parte da Física Teórica, onde trabalhamos os principais conceitos dos fundamentos de Cinemática. Em seguida temos o capítulo 4, com a metodologia proposta para esse trabalho. No passo seguinte se encontra o capítulo 5, com as fases do trabalho aplicado e os resultados das descrições das atividades. No capítulo 6 descrevemos a análise dos resultados obtidos da aplicação do trabalho. Por fim, as considerações finais,

referências e, no apêndice, o produto educacional que poderá ser suporte de aplicação do tema para outros professores da área.

Capítulo 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo faremos uma abordagem sobre a Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky, bem como a realização de atividades experimentais no ensino de Física guiado por essa teoria. Para isso, dedicamos uma seção especial ao estudo histórico da experimentação. Tal abordagem tem como apoio didático principal os livros: “Teorias da Aprendizagem” de Marcos Moreira e “Atividades Experimentais no Ensino de Física” de Alberto Gaspar.

2.1 PSICOLOGIA COGNITIVA: UMA PERSPECTIVA SOBRE VYGOTSKY E A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL

2.1.1 SOBRE VYGOTSKY

Lev Semionovich Vygotski nasceu em 17 de novembro de 1896 na cidade de Orsha localizada na antiga Bielorrússia. No entanto, ainda quando criança, Vygotsky e sua família mudaram-se para a cidade de Gomel, onde ele passou sua infância e boa parte de sua vida. Vygotsky pertencia a uma família de judeus que apresentava ótimas condições econômicas, possuindo assim uma biblioteca particular em sua casa, onde costumava passar tempo com seus amigos.

Mesmo com seus interesses voltados para as ciências sociais e humanas, devido as condições culturais desfavoráveis para os judeus na época, Vygotsky ingressou em um curso de medicina na Universidade de Moscou em 1913. No entanto, cerca de um mês

depois, transferiu-se para o curso de Direito. Somente no ano seguinte, 1914, iniciou os estudos em História e Filosofia pela Universidade Shanavsky.

Ao concluir seus estudos, em 1917, Vygotsky retornou para a cidade de Gomel que até então encontrava-se tomada pelos alemães. Dois anos depois, com a desocupação da cidade, Vygotsky iniciou seu trabalho pedagógico. Em 1924 teve a oportunidade de participar do II Congresso de Psiconeurologia de Leningrado, onde recebeu o convite para tornar-se membro do Staff do Instituto de Psicologia Experimental de Moscou. Em 1929, Vygotsky foi nomeado chefe do laboratório de pesquisa e permaneceu no instituto até o ano de sua morte em 1934.

Ao longo de sua carreira, Vygotsky trabalhou em pesquisas das mais diversas áreas científicas como psicologia, pedagogia, neuropsicologia, entre outras que lhe renderam mais de 200 trabalhos realizados. Mesmo com a morte precoce de Vygotsky, aos 38 anos, seus trabalhos deram origem a uma série de pesquisas e estudos que resultaram em uma revolução na psicologia.

A concepção de Vygotsky sobre os processos psicológicos reuniu em uma só ciência, ainda que não proposital, a psicologia experimental e a psicologia mental, dando início a uma nova psicologia que ficou conhecida como Psicologia Histórico-Cultural.

2.1.2 A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY

A teoria de Vygotsky propõe que o desenvolvimento cognitivo é fruto do meio no qual ele ocorre, ou seja, que é uma variável dependente do contexto social, histórico e cultural. Em sua teoria, Vygotsky defende a ideia de que os mecanismos utilizados no processo do desenvolvimento cognitivo são de origens sociais. Essa concepção tornou-se uma das principais características de sua teoria.

A Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky fundamentou-se fortemente nos trabalhos de Karl Marx (1818-1883) e Friedrich Engels (1820-1895). Peternella, Vieira e Ghedin (2016, p. 273) afirmam que:

É por essa premissa que Vygotski expõe, em suas produções, sua concepção histórica de homem, ao estudar o comportamento humano sob o enfoque marxista, característica que diferencia sua teoria de outras teorias psicológicas.

Na teoria Histórico-Cultural o termo cultura, utilizado por Vygotsky para explicar o desenvolvimento dos processos mentais superiores, baseia-se principalmente na relação

de trabalho definida na teoria marxista.

De acordo com Marx e Engels (2007), a partir da relação do homem com a natureza, este a adapta para que ela atenda suas necessidades básicas como alimentação, vestimenta, abrigo, entre outras. Ao buscar adaptar a natureza às suas necessidades, o homem toma a iniciativa de construir objetos que facilitem essa adaptação, dando continuidade ao processo de transformação da natureza.

Na medida em que o homem transforma a natureza e cria novos objetos, ele acaba se distanciando do seu ambiente natural, passando a sobreviver em um ambiente cultural e social. Com o objetivo de obter melhorias neste novo meio, surge a linguagem, criada para facilitar a comunicação e armazenar registros importantes.

Através da comunicação é possível conhecer todo desenvolvimento da espécie humana. Assim sendo, considera-se que o conhecimento humano é fruto da chamada “educação cultural”, na qual o sistema de ensino consiste em um eterno ciclo de transmissão e compartilhamento de conhecimentos.

De igual modo, na teoria de Vygotsky o processo de desenvolvimento das funções psicológicas superiores ocorre “na medida em que o ser humano se relaciona socialmente com o outro no seio da cultura” (PETERNELLA; VIEIRA; GHEDIN, 2016, p. 275).

Esse processo de desenvolvimento ocorre de maneira a converter as relações sociais do indivíduo em funções mentais. Driscoll complementa que “não é por meio do desenvolvimento cognitivo que o indivíduo torna-se capaz de socializar, é por meio da socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores” (DRISCOLL, 1995, p. 229).

No entanto, Vygotsky afirma que essa conversão das relações sociais em funções mentais, não ocorre de maneira direta e sim mediada. De acordo com Garton (1992, p. 89) “é através da mediação que o indivíduo é capaz de reconstruir uma atividade externa em interna”.

No processo de mediação dois novos conceitos são apresentados: **instrumentos** e **signos**. Moreira (2018, p. 109) explica que “um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa”.

Como explica Peternella, Vieira e Ghedin (2016, p. 275) “os instrumentos são elementos externos ao homem e os signos são instrumentos psicológicos, orientados de fora para dentro do sujeito, que quando internalizados controlam as ações psicológicas humanas”.

Para Vygotsky, os instrumentos e os sistemas de signos são criados pela sociedade e fazem parte de sua transformação cultural e social. Na medida em que o ser humano faz o uso de signos, suas funções psicológicas vão se desenvolvendo, tornando-o mais capaz. O mesmo acontece com o uso de instrumentos, quando este aprende a manusear um instrumento, são multiplicadas as maneiras na qual ele pode executar a nova função psicológica.

Da maneira como ocorre o processo é possível perceber a conversão das relações sociais do indivíduo em funções psicológicas ou mentais superiores. Além disso, há uma nítida aplicação da Lei da Dupla Formação de Vygotsky que afirma que:

No desenvolvimento cultural da criança, toda função aparece duas vezes – primeiro em nível social, e depois, em nível individual; primeiro, entre pessoas (interpessoal, Interpsicológica) e, depois, se dá no interior da própria criança (intrapessoal, intrapsicológica). Todas as funções mentais superiores se originam como relações entre seres humanos (MOREIRA apud VYGOTSKY, 1930).

A interação social e os significados

Na concepção de Garton (1992, p.11, grifo nosso):

Uma definição de interação social implica um mínimo de duas pessoas intercambiando informações. Implica também um certo grau de reciprocidade e bidirecionalidade entre os participantes. Ou seja, a interação social supõe envolvimento ativo (embora não necessariamente no mesmo nível) de ambos os participantes desse intercâmbio, trazendo a eles diferentes experiências e conhecimentos, tanto em termos qualitativos como quantitativos.

A interação social é o elemento mais importante a ser estudado na teoria de Vygotsky. Para ele, é através da interação que ocorre o processo de transmissão de conhecimentos. A interação social é, dessa forma, “fundamental para o desenvolvimento cognitivo e linguístico de qualquer indivíduo” (MOREIRA, 2018, p. 110).

Consideremos agora, uma breve discussão sobre os signos. Os signos possuem uma ligação direta com a interação social, já que é por meio desta que obtemos os significados das palavras, ações e gestos.

Um exemplo clássico desta afirmação, é o comportamento de uma criança nos primeiros meses de vida. Para ela, o ato de apontar para algum objeto não possui um significado concreto, apenas o desejo de alcançar o objeto. No entanto, a medida em que os pais respondem este sinal colocando o objeto ao seu alcance, o ato de apontar começa

a ter significado para ela.

Dessa forma, através da interação social, a criança inicia o processo de internalização (reconstrução interna) do signo, ou seja, ela vai aprendendo que os gestos feitos por ela possuem certo significado cultural.

O processo acima descrito é o que ocasiona o desenvolvimento dos seres humanos. Embora a aquisição dos signos seja um processo universal, o significado das palavras ou gestos podem variar de acordo com a cultura local. Por este motivo, para que a internalização aconteça, o indivíduo deve verificar quais são os significados e signos utilizados em sua cultura.

No geral, o que temos novamente é a interação social mediando um “intercâmbio de signos”, já que para o indivíduo perceber o significado de um gesto em sua cultura, por exemplo, é necessário que este o chegue por meio da interação social de um segundo indivíduo (MOREIRA, 2018).

A linguagem

Dentre os mais variados sistemas de signos existentes, para Vygotsky, a Linguagem é o mais importante entre eles. Segundo ele, “todas as funções psíquicas superiores são processos mediados e os signos constituem o meio básico para dominá-las e dirigi-las” (VYGOTSKY, 1998, p. 70).

Dessa forma, é impossível falar da linguagem independentemente dos signos. Peter-nella, Vieira e Ghedin (2016, p. 281) explicam que “o signo se faz presente em todas as situações para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, de forma que, mesmo nas fases iniciais do pensamento infantil, o significado é o que o torna justificável”.

De acordo com Vygotsky (1998), enquanto crianças, a linguagem é utilizada no sentido de “propriedade de uma palavra”. Somente após o contato com adultos, via interação social, é que o conjunto linguístico começa a fazer sentido e “adquire funções importantes”.

Na formação de conceitos, por exemplo, a criança utiliza certa palavra para designar um objeto específico que acabara de conhecer. No entanto, a medida em que ela se desenvolve, esse conceito pré-concebido é estendido a toda a classe daqueles objetos encontrados por ela anteriormente (MOREIRA, 2018).

E, para Vygotsky (1988, p. 27) “o momento de maior significado no curso do de-

desenvolvimento, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então duas linhas completamente independentes de desenvolvimento, convergem”.

A Zona de Desenvolvimento Proximal

De acordo com Moreira (apud Vygotsky, 1988) a zona de desenvolvimento proximal define-se como sendo:

A distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido por meio da solução de problemas sob orientação (de um adulto, no caso de uma criança) ou em colaboração com companheiros mais capazes.

Ainda de acordo com o referido autor “a zona de desenvolvimento proximal define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão no processo de maturação. É uma medida do potencial de aprendizagem” (MOREIRA, 2018, p. 114).

A zona de desenvolvimento proximal é a concepção mais conhecida da teoria de Vygotsky. Essa concepção por muitas vezes acaba sendo vinculada a teoria dos estágios cognitivos defendidos por Piaget. No entanto, há diferenças significativas entre as duas teorias, por exemplo, a própria ideia de “estágios” estabelecidas por Piaget não é levada em consideração por Vygotsky, já que na zona de desenvolvimento proximal “não há indicações de faixas etárias ou de níveis de complexidades de conteúdos” (GASPAR, 2014, p.185).

Por este motivo, para Piaget os conteúdos a serem apresentados aos alunos devem limitar-se aos “que já estejam ao alcance das estruturas cognitivas consolidadas na mente do aluno”, enquanto que a zona de desenvolvimento proximal trabalha com conteúdos para além dessas estruturas (GASPAR, 2014, p. 184).

Ainda contrariando Piaget, Vygotsky (2001) estabelece por meio da zona de desenvolvimento proximal que mesmo quando o indivíduo ultrapassa os níveis de cognição, aprendendo uma forma superior de pensamento, esse indivíduo não necessariamente abandona as formas elementares de pensamento, podendo a forma elementar predominar ainda por muito tempo. E isso, pode acontecer tanto com adultos quanto com crianças.

No geral, o objetivo da zona de desenvolvimento proximal nunca foi estabelecer os limites de idades ao indivíduo/aluno. Vygotsky preocupava-se muito mais com a ca-

pacidade que o aluno possuía em aprender conteúdos para além do seu nível cognitivo, estando este em colaboração com alguém mais capaz. Pois, de acordo com Vygotsky (2001, p. 328) “a criança orientada, ajudada e em colaboração sempre pode fazer mais e resolver tarefas mais difíceis do que quando sozinha”.

Diante disso, Vygotsky apresenta em sua teoria o conceito de imitação, segundo o qual “é o único meio pelo qual a mente do aluno pode se “apropriar” das estruturas mentais do professor, capacitando-se assim a fazer aquilo que não sabe fazer” (GASPAR, 2014, p.189).

Assim, de acordo com o conceito de imitação, o professor deve se permitir “ser imitado”, para isso a conduta do professor ao resolver um exercício deve ser acompanhada pelos alunos até que estes compreendam tal exercício e sejam capazes de resolver sozinhos exercícios similares.

De acordo com Gaspar (2014, p. 190), durante esse processo:

A mente do aluno, desde que suficientemente motivada, tende a construir as novas estruturas de pensamento que com o tempo, vão torná-lo capaz de resolver o novo tipo de problema. Em síntese, nesse processo interpessoal, o aluno pode conseguir, por meio da imitação, construir e interiorizar uma nova estrutura de pensamento semelhante à do professor, tornando-se capaz de fazer o que o professor faz.

É importante ressaltar, que mesmo apropriando-se da imitação a nova estrutura a ser construída pelo aluno não poderá se igualar a do professor, pois tais estruturas são concebidas de maneira diferentes, cada um de acordo com a sua cultura. Outro ponto importante a ser destacado, é que a imitação não implicará em aprendizagem imediata, pois como já se sabe um processo de aprendizagem demanda tempo.

Estudo experimental da formação de conceitos

O processo de formação de conceitos foi estudado experimentalmente por Vygotsky e seus colaboradores em diversas pessoas, sendo elas crianças, adolescentes e adultos. Desse estudo concluiu-se que a formação de conceitos é formada a partir de fases, etapas e estágios do desenvolvimento cognitivo.

A respeito desta concepção, Vygotsky (1987, p. 50) afirma que:

O desenvolvimento dos processos que finalmente resultam na formação de conceitos, começa na fase mais precoce da infância, mas as funções intelectuais que, numa combinação específica, formam a base psicológica do processo de formação de conceitos amadurece, se configura e se desenvolve somente na puberdade.

A primeira fase desse processo é descrita como **agregação desorganizada** e “caracteriza-se pela percepção caótica da criança ao organizar objetos sem nenhuma relação um com o outro. Nessa fase, a relação signo-significado não é coerente e os ajuntamentos são regidos pelo sincretismo, ou seja, pela percepção global de objetos distintos” (PERTENELLA; VIEIRA; GHEDIN, 2016, p. 285).

A segunda fase é chamada de **pensamentos por complexo** e caracteriza-se “como sendo a mais importante no percurso de desenvolvimento do intelecto humano, pois os estágios pelos quais a criança passa determinam o grau da evolução do pensamento sincrético para um nível de associações com critérios objetivos” (PERTENELLA; VIEIRA; GHEDIN, 2016, p. 285).

O primeiro estágio da segunda fase é o associativo, onde a criança agrupa os objetos de acordo com as cores, formas e tamanhos. O segundo estágio é o de coleções, onde a criança busca agrupar os objetos em coleções de acordo com a experiência prática adquirida em seu cotidiano. O terceiro estágio é feito por cadeias e ocorre quando a criança começa a agrupar os objetos primeiramente pela cor, posteriormente pela forma, possibilitando a formação de cadeias (MOREIRA, 2018).

O último estágio da segunda fase são os pseudoconceitos, que de acordo com Vygotsky (1998, p. 82) são considerados como “a ponte entre os complexos e o estágio final e mais elevado do desenvolvimento da formação de conceitos”. Nesse estágio, a generalização de conceitos feita pela criança assemelha-se com a de adultos, porém “o caminho para se chegar ao resultado é diferente” (PERTENELLA; VIEIRA; GHEDIN, 2016, p. 286).

A terceira fase é chamada de **conceitos potenciais** e de acordo com Moreira (2018):

Resultam de uma espécie de abstração tão primitiva que, a rigor, não sucede o estágio dos pseudoconceitos, pois está presente, em certo grau, já nas fases iniciais do desenvolvimento da criança. Os complexos associativos, por exemplo, requerem a “abstração” de algum traço comum em diferentes objetos. Contudo, o traço abstrato é instável e facilmente cede seu domínio temporário a outros traços. Nos conceitos potenciais propriamente ditos, os traços abstraídos não se perdem tão facilmente, mas o verdadeiro conceito só aparece quando os traços abstraídos são sintetizados e a síntese abstrata resultante passa a ser o principal instrumento do pensamento (apud Vygotsky, 1987).

2.2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: DO ENSINO TRADICIONAL AO ATUAL

Do início do século XIX até 1950, as atividades experimentais, especificamente no ensino de Física, eram realizadas de modo puramente demonstrativo/descritivo. Os experimentos eram feitos exclusivamente pelo professor e, esperava-se que da sua demonstração, os alunos pudessem compreender a parte prática de um determinado assunto.

Nessa época, as atividades experimentais eram realizadas na própria sala de aula, por este motivo não havia necessidades da construção de laboratórios. Gaspar (2014, p. 13) explica que:

Laboratórios de Física quase nunca existiam, pois, a maior parte dos aparelhos de demonstração podia ser levada à sala de aula. Os equipamentos eram construídos artesanalmente e em dimensões suficientemente grandes para que pudessem ser vistos a distância ? o que os tornava muito caros. Por isso, poucas escolas podiam dispor de um acervo significativo deles.

Do modo como se descreve a atividade experimental da época, nota-se que a prática pedagógica predominante nas escolas era o tradicionalismo. Borges e Ghedin (2010, p. 38) explicam que na tendência tradicional “predomina a exposição verbal da matéria, recordação da matéria anterior, pontos-chave, demonstrações, associações, comparações com o já conhecido, generalizações, ênfases nas resoluções de exercícios, na repetição de conceitos e memorização”.

No final do século XIX e início do século XX, originou-se um novo movimento pedagógico que criticou fortemente a tendência tradicional predominante nas escolas, esse movimento ficou conhecido como **Escola Nova**. De acordo com Gaspar (2014, p. 14):

A proposta central desse movimento era fazer do aluno um participante ativo na aquisição do próprio conhecimento, opondo-se, assim, à passividade que lhe era imposta no ensino tradicional. Para isso, a escola deveria adaptar-se à criança, respeitar seus interesses e necessidades individuais sem impor a aquisição das mesmas competências e a aprendizagem dos mesmos conteúdos a todas elas.

A Escola Nova, como sugere o próprio nome, surgiu cheia de propostas inovadoras que se diferenciavam das práticas comuns utilizadas nas escolas tradicionais. Conforme Borges e Ghedin (2010, p. 38) uma dessas propostas consistia na autoaprendizagem do aluno, ou seja, a escola seria responsável por “estimular o aluno a querer aprender por

meio da descoberta, promovendo autoaprendizagem”.

Entretanto, o movimento que se acreditava ser o início de uma transformação radical na educação, acabou perdendo forças. Isso ocorreu porque as propostas educacionais não surtiam efeitos e os resultados apresentados pela Escola Nova eram inferiores ao das escolas tradicionais.

Podemos afirmar que a “crença ingênua de que os alunos buscariam espontaneamente a aquisição de conhecimentos” foi um dos principais motivos que fez com que a proposta se tornasse ineficiente. Não obstante, para contribuir com o fracasso da Escola Nova, as práticas defendidas pelo tradicionalismo eram consideradas como “responsáveis pelo extraordinário avanço da ciência e da tecnologia ocorrido naquela época” (GASPAR, 2014, p. 16).

Essa afirmação é notória quando se leva em consideração que no início do século XX, com a criação da mecânica quântica, a Física encontrava-se em um período de revolução extraordinária, fruto do trabalho de cientistas que provinham de escolas tradicionais.

A tendência tradicional só deixou de ser absoluta, quando os Estados Unidos disputavam a hegemonia mundial com a União Soviética¹, cuja liderança era decidida por meio do avanço científico e tecnológico de cada país. Em meio a essa disputa, a União Soviética lançou o Sputnik (o primeiro satélite artificial da Terra) causando pânico na população e até mesmo nas autoridades.

Nesse contexto, Gaspar (2014, p. 19) replica que:

Não é difícil imaginar o inconformismo das autoridades norte-americanas com o atraso tecnológico do seu país em relação a União Soviética, ao menos – ou principalmente – quanto à construção de foguetes de longo alcance. Na busca das causas desse atraso, da correção de rumos para saná-las e da recuperação da liderança perdida, levou-se em conta também a ineficiência do ensino de Ciências nas escolas norte-americanas, ainda orientadas pelas práticas pedagógicas tradicionais.

Nessa perspectiva, novos projetos foram criados para potencializar o ensino de ciências no país. Um dos projetos, voltados para o ensino de Física, foi criado pela *Physical*

¹Após a segunda guerra mundial, iniciou-se um período de disputa pela hegemonia mundial que ficou conhecido como Guerra Fria. De um lado os Estados Unidos (defensor do capitalismo), do outro a União Soviética (defensora do comunismo), ambos lutando por uma liderança mundial. Em 1945, com o lançamento de duas bombas atômicas no Japão, os Estados Unidos tomaram a frente da liderança, destacando-se por possuir uma avançada ciência e tecnologia. No entanto, em 1949, a União Soviética igualou-se a eles quando testou sua bomba no Cazaquistão. Dessa forma, a briga pela liderança passou a ser disputada pela capacidade de construir foguetes de longo alcance, que poderiam ser utilizados em um ataque para lançar bombas atômicas ou de hidrogênio sobre os inimigos (GASPAR, 2014).

Science Study Committee (PSSC) cujo objetivo “estava centrado, de um lado, em uma nova proposta curricular de Física e, de outro, no entendimento de que o aluno só poderia aprender ciência por si a partir da atividade experimental” (GASPAR, 2014, p. 20).

Dessa forma, podemos dizer que o PSSC nada mais era do que uma proposta educacional criada por um grupo de Físicos renomados que visava a experimentação como subsídio indispensável para que os alunos pudessem redescobrir as leis da Física.

Essa proposta, no entanto, não obteve êxito nas escolas norte-americanas e nas demais escolas de países que adotaram a proposta, como por exemplo o Brasil, e por esse motivo, acabou sendo deixada de lado. Apesar de não apresentar os resultados esperados, o PSSC foi extremamente importante para que se rompesse com o ensino tradicional e se pensasse em um novo método de ensino para lecionar física.

Além disso, após a criação do PSSC, diversos foram os projetos criados na tentativa de melhorar o ensino de Ciências. No Brasil, o Instituto de Física da USP juntamente com outras instituições como o Ministério da Educação (MEC), formaram uma equipe constituída por pesquisadores de Física, professores do ensino médio e superior, jornalistas e etc., para criar o Projeto de Ensino de Física (PEF) (GASPAR, 2014).

Projetos como o PEF propunham um material que fosse autossuficiente para o aluno, ou seja, que ele pudesse interagir de modo individual com os experimentos. Gaspar (2014, p. 29) nos mostra que de acordo com a equipe do PEF “o aluno trabalhando sozinho aprenderia melhor e, até para essa função orientadora, o professor podia ser dispensado, bastando o aluno recorrer ao próprio texto”.

Através do texto citado, podemos perceber que essa proposta não alcançaria um alto nível de eficiência. Assim como os demais projetos criados a partir do PSSC, o PEF também não prevaleceu por muito tempo. Como relata Gaspar (2014, p. 29) “a ineficiente distribuição do material, a má qualidade dos kits e a dificuldade de obtenção dos guias do professor” foram algumas das causas do mau desempenho do PEF.

Além das causas específicas do PEF, há outros dois principais motivos pelos quais os projetos cuja inspiração tenha sido o PSSC acabaram muito que rapidamente. Temos que:

A primeira dela, até hoje recorrente, foi o alheamento, por parte daqueles que formularam as propostas, da realidade educacional para a qual elas eram destinadas. Nos projetos descritos, as propostas pedagógicas foram formuladas por físicos até então dedicados exclusivamente à pesquisa (na época, quase todos eram físicos nucleares). Além de leigos em pedagogia, esses especialistas só conheciam o ensino médio ou o equivalente dele em seus países por experiência própria, baseada em seus tempos de estudante. E, a julgar pelo alto nível por eles atingido nas suas carreiras, pode-se supor que a maioria era constituída de alunos diferenciados, que haviam frequentado escolas diferentes daquelas a quem dirigiram suas propostas (GASPAR, 2014, p. 29).

Dessa forma, percebemos que o primeiro erro dos cientistas foi propor um projeto cujo nível educacional diferenciava-se da realidade vivenciada nas escolas. Tanto as propostas experimentais quanto o currículo por eles elaborados eram superiores aos níveis dos alunos e dos professores das escolas participantes.

A segunda causa desse fracasso se deveu a uma fundamentação pedagógica unânime e equivocada: a crença na aprendizagem individual do aluno por meio de sua interação direta com o material produzido. A ideia de que os alunos poderiam redescobrir as leis científicas por meio de atividades experimentais – defendida, sobretudo, no PSSC e PEF – não é apenas um equívoco pedagógico, mas, principalmente, epistemológico (GASPAR, 2014, p. 29).

Temos então que a segunda causa da ineficiência desses projetos possuía não só origens pedagógicas, mas também epistemológicas. A ideia de que o aluno pudesse aprender essencialmente via experimentação é o que Gaspar (2014) classifica como “equívoco epistemológico”.

O grande problema das propostas de Física, foi tentar fazer com que o predominante tradicionalismo pudesse ser substituído por uma proposta totalmente oposta ao método conceitual. Por este motivo, foram propostos que o aluno por si só pudesse “redescobrir as leis da Física”, através das mais variadas atividades experimentais.

No entanto, esqueceu-se de levar em consideração que para se redescobrir algo é necessário que antes, o indivíduo possua um conhecimento prévio sobre o assunto em questão. Caso contrário, a experimentação por si só não será suficiente. Gaspar (2014, p. 51) argumenta que “é impossível que o aluno descubra uma lei científica por meio da simples observação, pois se ele ainda não conhece essa lei, não saberá sequer o que deve observar”.

Um exemplo clássico sobre o assunto é a observação experimental realizada por Irene Curie (1897-1956) e Frédéric Joliot (1900-1958), em 1932. O casal de franceses realizou

uma experiência com a radiação gama e perceberam que “ao incidir em uma placa de parafina, fazia com que essa placa emitisse fótons” (GASPAR, 2014, p. 43).

O casal escreveu e publicou um artigo na tentativa de explicar o fenômeno observado. O artigo em questão chegou nas mãos de James Chadwick (1891-1974), membro da equipe de Rutherford (1871-1937), que buscava provar a existência do nêutron. Como Chadwick possuía conhecimento sobre o assunto, buscou refazer a experiência descrita e após longo trabalho conseguiu provar a existência do nêutron, o que lhe rendeu o Nobel de Física de 1935.

Dessa forma, Gaspar (2014, p. 44) explica que:

Chadwick “viu” o nêutron na experiência de Irene e Joliot porque tinha a convicção teórica de que ele existia, já havia feito várias experiências tentando encontrá-lo; Irene e Joliot não tinham essa convicção, não “sabiam” que o nêutron existia; por isso, mesmo vendo-o, não compreenderam o que viram.

Daí a justificativa da segunda causa do fracasso dos projetos que insistiam em permanecer nesse erro de ordem epistemológica.

2.3 A PROPOSTA DE VYGOTSKY PARA AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

A proposta teórica apresentada por Vygotsky também pode ser utilizada como fundamento para as atividades experimentais no ensino de ciências. Gaspar (2014, p. 209) explica que:

Pode-se adotar, como princípio básico de uma pedagogia de inspiração Vigotskiana, que todo conteúdo de ciências humanas, exatas ou biológicas pode ser ensinado e aprendido por meio das mais variadas estratégias pedagógicas, desde que elas possibilitem o desencadeamento de interações sociais das quais participem o professor ou, eventualmente, outro parceiro mais capaz que domine cognitivamente o conteúdo que é o objeto de ensino dessa interação.

Da teoria de Vygotsky, a primeira orientação dirigida ao professor é que este adquira uma postura realista frente a realização das atividades experimentais com seus alunos. Em outras palavras, a ideia de que a prática experimental resultará em aprendizado do conteúdo, deve ser abandonada.

Como já foi dito anteriormente, aprender leva tempo, pois “o conhecimento também

é uma construção humana e só pode ser adquirido pela interação entre seres humanos “ele não está nos objetos e também não pode ser extraído das ações que exercemos sobre eles” (GASPAR, 2014, p. 210).

Por outro lado, para que uma atividade experimental contribua para o processo de aprendizagem dos alunos é necessário que estes sejam monitorados durante toda a atividade pelo professor, que deve por sua vez ter domínio do conteúdo teórico e experimental apresentado.

Quanto a seleção das atividades a serem desenvolvidas, Gaspar (2014) inspirado pela pedagogia Vygotskyana, ressalta que se deve excluir toda e qualquer atividade cujo objetivo seja descobrir/redescobrir um conceito da Física. Para ele, é mais válido a “realização de medidas, a construção de gráficos, a determinação de constantes físicas, a visualização qualitativa de determinadas propriedades etc.” (GASPAR, 2014, p. 225).

Nesse sentido, foram elaboradas quatro indicações que podem auxiliar o professor no planejamento de uma atividade experimental. A primeira é a viabilidade da realização da atividade em questão. O professor precisa atentar para detalhes como o tempo disponibilizado para a realização da atividade, os materiais disponíveis, a adequação do local e a própria eficiência da atividade.

A segunda indicação consiste na escolha da atividade. Essa escolha deve depender diretamente do material a ser utilizado, a montagem deste e o tempo que a atividade exige para sua execução. Diante desses fatores, o professor poderá determinar o tipo de atividade a ser aplicada, se esta consistirá em uma atividade experimental demonstrativa, uma atividade experimental realizada em grupo ou um projeto extraclasses.

A terceira orientação caracteriza-se pela seleção do conteúdo, por parte do professor, para a atividade experimental. Gaspar (2014, p. 228) comenta que:

Segundo a teoria de Vygotsky, pode-se atribuir às atividades experimentais pelo menos duas grandes vantagens na abordagem de conteúdos curriculares em relação a outras práticas pedagógicas: a motivação, causada não só pelo impacto da própria atividade, mas principalmente pela possibilidade de se prever e, em seguida, conferir o resultado de algumas experiências; a concretização de conceitos físicos, princípios e leis da física.

A quarta orientação, apresenta a importância de compatibilizar as experiências selecionadas com o conteúdo trabalhado. Por exemplo, existem conteúdos cujas atividades experimentais são estritamente demonstrativas, ou seja, nem sempre há a necessidade da

realização da atividade pelos alunos, há experiências nas quais a observação é o ponto chave para a possível compreensão do conteúdo.

No caso de um conteúdo da Física, a experimentação se torna mais necessária caso haja a necessidade da “obtenção experimental de constantes físicas; a determinação experimental de grandezas físicas [...]; e, aplicações de leis ou princípios da Física” (GASPAR, 2014, p. 235).

Contudo, todas as indicações acima descritas devem ser planejadas da maneira mais cautelosa possível, para que não se caia em erros de ordem pedagógica ou epistemológica, como vimos na seção anterior. Deve-se atentar também aos extremismos e generalizações, principalmente, quando se trata das atividades demonstrativas.

No mais, a pedagogia Vygotskyana é clara quanto as orientações de ordem experimental.

2.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

De acordo com Zabala (1998, p. 18) uma sequência didática constitui “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”.

Nesse sentido, entende-se que uma sequência didática constitui um elemento metodológico pelo qual professor e aluno trabalham de forma conjunta em atividades de ensino que visam aprofundar o conhecimento dos alunos em um determinado tema. Em uma sequência didática podem ser utilizadas as mais variadas estratégias de ensino. Conforme explica Brasil (2012, p.21):

Ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, etc., pois a sequência de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita.

O uso de sequências didáticas pode contribuir de forma significativa com o processo de construção de conhecimento dos alunos. Isso porquê, de acordo com Zabala (1998, p. 54), as sequências didáticas possuem como objetivo:

(...) introduzir nas diferentes formas de intervenção aquelas atividades que possibilitem uma melhora de nossa atuação nas aulas, como resultado de um conhecimento mais profundo das variáveis que intervêm do papel que cada uma delas tem no processo de aprendizagem dos meninos e meninas.

No que diz respeito à Física, Schmiedecke (2011) e Penha (2008) explicam que a sequência didática facilita a aprendizagem gradual de conceitos na disciplina, visto que diferentemente do plano de aula, a sequência didática pode ser estruturada de forma a contemplar uma mesma temática através de diferentes passos metodológicos.

Para Zabala (1998, p. 54) uma sequência didática de modelo tradicional possui quatro fases: “comunicação da lição; estudo individual sobre o livro didático; repetição do conteúdo aprendido e julgamento (nota do professor ou professora)”. Já a sequência de modelo “estudo do meio” estrutura-se da seguinte forma:

(...) atividade motivadora relacionada com uma situação conflitante da realidade experiencial dos alunos; explicação das perguntas ou problemas; respostas intuitivas ou hipóteses; seleção e esboço das fontes de informação e planejamento da investigação; coleta, seleção e classificação dos dados; generalização das conclusões tiradas; expressão e comunicação (ZABALA, 1998, P. 55).

Nesse sentido, Lima (2018), explica que o docente deve optar pelo tipo de sequência que melhor se ajustar aos seus objetivos propostos, levando em consideração também a magnitude do conteúdo ensinado e as condições oferecidas pelo ambiente para a realização dessa atividade.

Capítulo 3

CINEMÁTICA

Neste Capítulo serão abordados os principais conceitos da cinemática, onde começaremos com um conceito intuitivo de movimento e iremos até movimentos em duas ou mais dimensões.

3.1 MOVIMENTO

Nesta seção iniciaremos o estudo das equações de movimento, começando com o estudo descritivo dos movimentos, que consiste em analisar o movimento em si, sem levar em conta o agente causador do mesmo. Na Física este tipo de estudo é chamado de cinemática, a partir do instante que estudamos o movimento em conexão com a sua causa, este estudo recebe o nome de dinâmica, juntas a cinemática e a dinâmica formam a mecânica (NUSSENZVEIG, 2013).

O estudo de movimento é bem antigo, muito antes de Galileu já existiam várias obras sobre o assunto. No entanto, poucos trabalhos são aproveitados, visto que os autores da época não tinham o cuidado de definir precisamente as grandezas envolvidas no movimento. Galileu, por outro lado, conseguiu definir bem as grandezas, porém sua abordagem não seria adequada para os físicos da atualidade.

3.1.1 Sistema de Referência

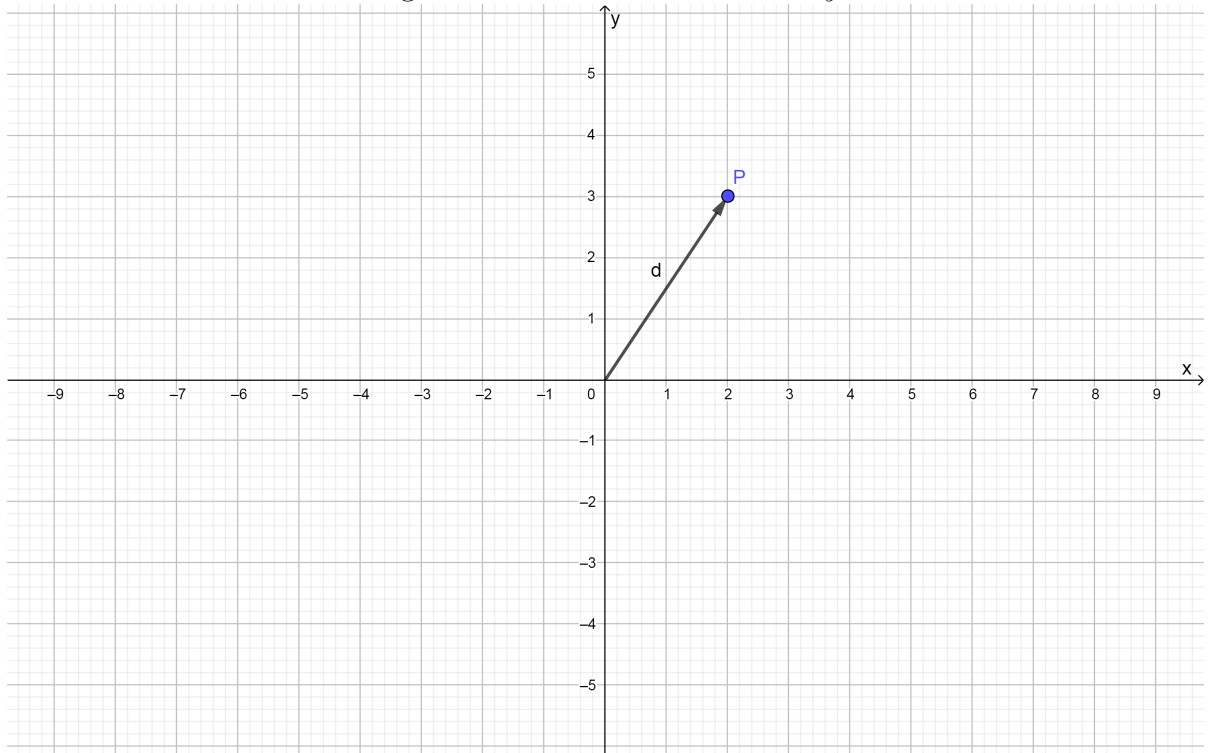
Segundo Chaves e Sampaio (2012), o movimento é visto como um fenômeno relativo, isso porque quando se fala que um objeto está se movendo, temos que ter em mente que ele está se movendo em relação a outro objeto, que chamamos de Referencial (ou

ponto de referência). Por exemplo, se você está sentado ao lado de um amigo em um ônibus, que se encontra em movimento, seu amigo está imóvel em relação a você, mas ambos estão movendo-se em relação a uma outra pessoa que está fora do ônibus. Agora, suponha que seu amigo levante e começa a se deslocar pelo corredor com uma velocidade de 3Km/h . Para uma terceira pessoa fora do ônibus, sentado na parada de ônibus, por exemplo, sua velocidade será uma combinação da velocidade de seu amigo mais a velocidade do próprio ônibus. Dessa forma, para descrever o movimento de um corpo temos que primeiro escolher o sistema de referência em relação ao qual o deslocamento do corpo seja medido. Destacamos ainda, que um deslocamento tem que ter direção (para o norte, para o sul, leste etc.), e que o sistema de referência tem que ter orientação fixa em relação a qualquer direção para que o deslocamento possa ser definido sem qualquer ambiguidade. O sistema de referência mais conveniente contém três eixos ortogonais, denominado sistema cartesiano. Para movimentos no plano, bastam dois eixos, como da figura 3.1.

Os eixos têm marcações semelhantes à de uma régua, suas marcações começam no ponto de encontro dos eixos: o ponto de origem. Para cada eixo um sentido é atribuído como positivo e o outro como negativo. No sentido positivo são conferidos números positivos, e do lado negativo são arbitrados números negativos, como podemos observar na figura 3.1. Assim, cada ponto sobre o eixo tem uma coordenada, que pode ser um número inteiro se este ponto estiver sobre uma das marcas, e fracionário se estiver entre duas marcas. Geralmente número vem acompanhado da unidade de comprimento, por exemplo, coordenada 2 m, coordenada -5 m, entre outras.

Frequentemente a unidade de comprimento é omitida, mas quando se trata do estudo de movimentos tal unidade é muito importante e tem sempre que ser explícita. Para definir uma posição fora dos eixos precisamos de duas coordenadas, por exemplo, o ponto P na figura 3.1, tem coordenada x igual a 2 e y igual a 3, outra notação para o ponto p é $P(2,3)$. O deslocamento é uma grandeza é vetorial, e em desenhos é indicada por setas. Na figura 3.1 indicamos um vetor que parte da origem até o ponto P (HALLIDAY *et al.*, 2012). A priori, não vamos nos aprofundar no assunto de vetores porque teremos uma seção para falar sobre ele.

Figura 3.1: Sistema Cartesiano xy



Fonte: Elaborada pelo próprio autor

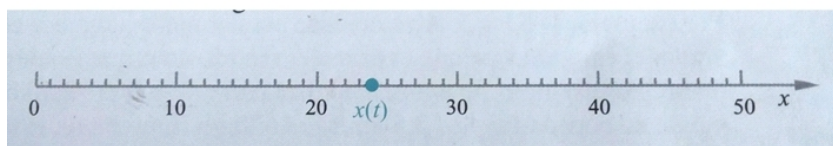
3.1.2 Movimento retilíneo

A partir dessa seção começaremos a discutir sobre o movimento de um corpo em uma linha reta, ou movimento retilíneo, e até o momento não envolveremos as complicações do cálculo vetorial. A classificação e comparação dos movimentos pode ser bastante desafiadora, algumas perguntas podem surgir em meio a tantas pesquisas: O que precisamente deve ser medido? Com o que devemos comparar? Para Halliday, podemos examinar as propriedades gerais dos movimentos unidimensionais, ou retilíneos, de 3 formas:

1. Vamos supor que o movimento se dá ao longo de uma linha reta. A trajetória pode ser vertical, horizontal ou inclinada, mas deve ser retilínea.
2. As forças (empurrões e puxões) modificam o movimento, mas não serão discutidas[...]. Neste capítulo, vamos discutir apenas o movimento em si e suas mudanças, sem nos preocupar com as causas. O objeto está se movendo cada vez mais depressa, cada vez mais devagar, ou o movimento mudou de direção? se o movimento está mudando, essa mudança é brusca ou gradual?
3. Vamos supor que o objeto em movimento é uma **partícula** (ou seja, um objeto pontual, como um elétron) ou um objeto que se move como uma partícula(isto é, todas as partes do objeto se movem na mesma direção e com mesma rapidez). Assim, por exemplo, podemos imaginar que o movimento de um corpo rígido deslizando em um escorrega é semelhante ao de uma partícula; não podemos dizer o mesmo, porém rolando em uma mesa de sinuca. (HALLIDAY et al., 2012, p. 13)

A terceira forma de analisar é a mais conveniente, pois ao dizer a posição de um objeto, não precisamos explicar qual parte desse objeto estamos nos referindo, além do mais, uma partícula pode somente deslocar-se, sem girar, por essa razão não precisamos nos preocupar com a orientação desse corpo. Se a partícula se movesse sobre o eixo x , só teríamos que nos preocupar com a coordenada x . Precisamos também de um cronômetro para marcar o tempo. Assim, no instante t a partícula terá coordenadas $x(t)$, como na figura 3.2.

Figura 3.2: Uma partícula desloca-se sobre o eixo x , no instante t , sua coordenada terá valor $x(t)$.



Fonte:(CHAVES; SAMPAIO, 2012, p. 39).

De acordo com Knight (2009, p. 05), tratar um objeto como uma partícula é a forma mais simples de descrever a realidade. Uma simplificação deste tipo é chamada de modelo. Os modelos permitem que sejam observados os aspectos mais importantes de um fenômeno, e aqueles que desempenham um papel secundário são excluídos. Neste modelo, tratamos um objeto em movimento como se toda sua massa estivesse concentrada em um simples ponto.

O modelo de partículas representa uma ótima aproximação da realidade para mo-

vimentos como os foguetes, carros e outros objetos análogos. Mas, quando se trata de pessoas, o estudo se torna mais complexo. Isso porque as pessoas movimentam seus braços e pernas, Todavia ainda sim, o movimento é bem - descrito pelo modelo de partículas(KNIGHT, 2009).

Os objetos que não podem ser representados como uma simples partícula, entretanto, podemos analisá-los como uma coleção de partículas.

3.1.3 Velocidade média e velocidade escalar média

De acordo com Halliday et al. (2012), a palavra velocidade expressa a rapidez com que um objeto se move. Para dar um significado mais exato a essa palavra temos que defini-la de forma operacional, para isso, suponha que $x_1 = x(t_1)$ e $x_2 = x(t_2)$ são coordenadas de uma partícula nos instantes t_1 e t_2 , respectivamente. O deslocamento e o intervalo de tempo são dados por $(x_2 - x_1)$ e $(t_2 - t_1)$. A velocidade média v_m da partícula nesse intervalo de tempo é expressa pela grandeza

$$v_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}. \quad (3.1)$$

Podemos compactar a equação (3.1), fazendo $\Delta x = (x_2 - x_1)$ e $\Delta t = (t_2 - t_1)$. Deste modo, a equação acima fica com uma aparência diferente:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}, \quad (3.2)$$

onde Δx representa uma mudança de posição x_1 para uma posição x_2 , que também é chamada de deslocamento, e Δt representa a variação do tempo dessa partícula de um tempo t_1 até um tempo t_2 . É importante salientar que a definição de velocidade média não menciona a trajetória realizada pela partícula em seu deslocamento. Sendo assim, a velocidade média não tem a ver com a distância total que a partícula percorreu em um intervalo de tempo qualquer. Para Chaves e Sampaio (2012), a grandeza que relaciona a distância percorrida é denominada velocidade média escalar e pode ser definida como

$$|v_m| = \frac{\Delta d}{|\Delta t|}, \quad (3.3)$$

onde o módulo indica o valor absoluto da grandeza, por exemplo, $|-3| = 3$. A velocidade escalar mede a rapidez de um objeto se movendo, e é a grandeza que expressa o sentido

de velocidade que utilizamos em nosso dia a dia. A velocidade escalar representada na fórmula (3.3) sempre é uma grandeza positiva, já a velocidade representada na equação (3.2) pode ser negativa se o deslocamento for negativo, isso porque a velocidade média depende do sinal do deslocamento. O conceito de velocidade escalar pode ser aplicado também em trajetórias curvilíneas, basta medir a distância percorrida sobre a trajetória e depois dividi-la pelo tempo gasto, por exemplo, se um carro saiu da posição 100 km até 200 km em aproximadamente 60 minutos, este veículo desenvolveu uma velocidade escalar de 100 km/h.

No Sistema Internacional de Unidades (SI)¹, a velocidade escalar média e a velocidade média são expressas em metros por segundo (m/s), sendo essa a velocidade de uma partícula que percorre uma distância de 1 m em 1s. Naturalmente, essas velocidades podem ser expressas por outras combinações nas formas de unidades de distância/ unidades de tempo, tais como milhas por hora, pés por minuto, etc (ALONSO; FINN, 1972).

3.1.4 Velocidade instantânea

Ao viajarmos em uma estrada, por exemplo, da cidade de Manaus-Am até Itacoatiara-Am, e observarmos o velocímetro do veículo durante o percurso, iremos perceber que a cada instante ele varia. O velocímetro irá indicar a velocidade escalar instantânea do veículo. Agora se o velocímetro não oscilasse, mantendo-se em 60 Km/h, sua velocidade escalar média em qualquer intervalo de tempo também seria 60 Km/h. A velocidade escalar média em qualquer intervalo de tempo expressa o valor médio da velocidade indicada no velocímetro. Até o momento vimos duas formas de descrever a velocidade de um objeto, a velocidade média e a velocidade escalar média, todas duas para um intervalo de tempo Δt . Todavia, quando nos referimos a rapidez de um objeto, no geral estamos imaginando a rapidez com que o objeto está se movendo em um certo instante. Isto é, a **velocidade instantânea** (ou, simplesmente velocidade) v .

Segundo Alonso e Finn (1972), a velocidade instantânea pode ser obtida a partir da velocidade média, reduzindo o intervalo de tempo Δt até próximo de zero. Quando Δt

¹Sistema Internacional de Unidades (SI) é a forma moderna do sistema métrico. É um sistema de unidades projetado em torno de sete unidades básicas e da conveniência do número dez. É o sistema de medição mais usado do mundo, tanto no comércio quanto na ciência. O SI é um conjunto sistematizado e padronizado de definições para unidades de medida, utilizado em quase todo o mundo moderno, que visa a uniformizar e facilitar as medições e as relações internacionais (BARRETO; XAVIER, 2017, p. 21)

diminui, a velocidade média se aproxima cada vez mais de um valor limite, onde podemos chamar de velocidade instantânea. E definimos de maneira formal como

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}, \quad (3.4)$$

o que por definição é a derivada de x em relação ao tempo; isto é,

$$v = \frac{dx}{dt}. \quad (3.5)$$

Note que v é a taxa com que a posição x está variando no tempo, em um dado instante. Assim, v é a derivada de x em relação à t . Outro ponto que podemos observar é que v é a inclinação da curva que representa a posição em função do tempo no instante considerado. É importante destacar que a velocidade instantânea é uma grandeza vetorial, sendo assim, possui módulo, direção e sentido.

A **Velocidade escalar instantânea** (ou simplesmente velocidade escalar), é o módulo da velocidade, ou melhor, a velocidade desprovida de qualquer direção. A velocidade escalar média e a velocidade escalar podem ser muito diferentes, por exemplo, a velocidade escalar de uma partícula que está a $+60\text{m/s}$ é a mesma (60m/s) que de uma partícula que se move a -60m/s . O velocímetro de um carro, ou qualquer veículo, indica a velocidade escalar e não a velocidade, já que o mesmo não aponta a direção e o sentido em que o veículo se move.

3.1.5 Aceleração

Para Halliday *et al* (2012), no momento em que a velocidade de uma partícula é alterada (ou modificada), diz-se que ela sofreu uma **aceleração**, ou foi acelerada. Para movimentos ao longo de um eixo, a **aceleração média** a_m em um intervalo de tempo Δt é

$$a_m = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad (3.6)$$

na qual a partícula possui velocidade v_1 no instante t_1 e velocidade v_2 no instante t_2 . A **aceleração instantânea**, ou aceleração, é obtida por

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} a_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}. \quad (3.7)$$

Ou seja, a aceleração instantânea é o valor limite da aceleração média, quando o intervalo de tempo Δt torna-se próximo de zero. A aceleração instantânea também pode ser dada por

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (3.8)$$

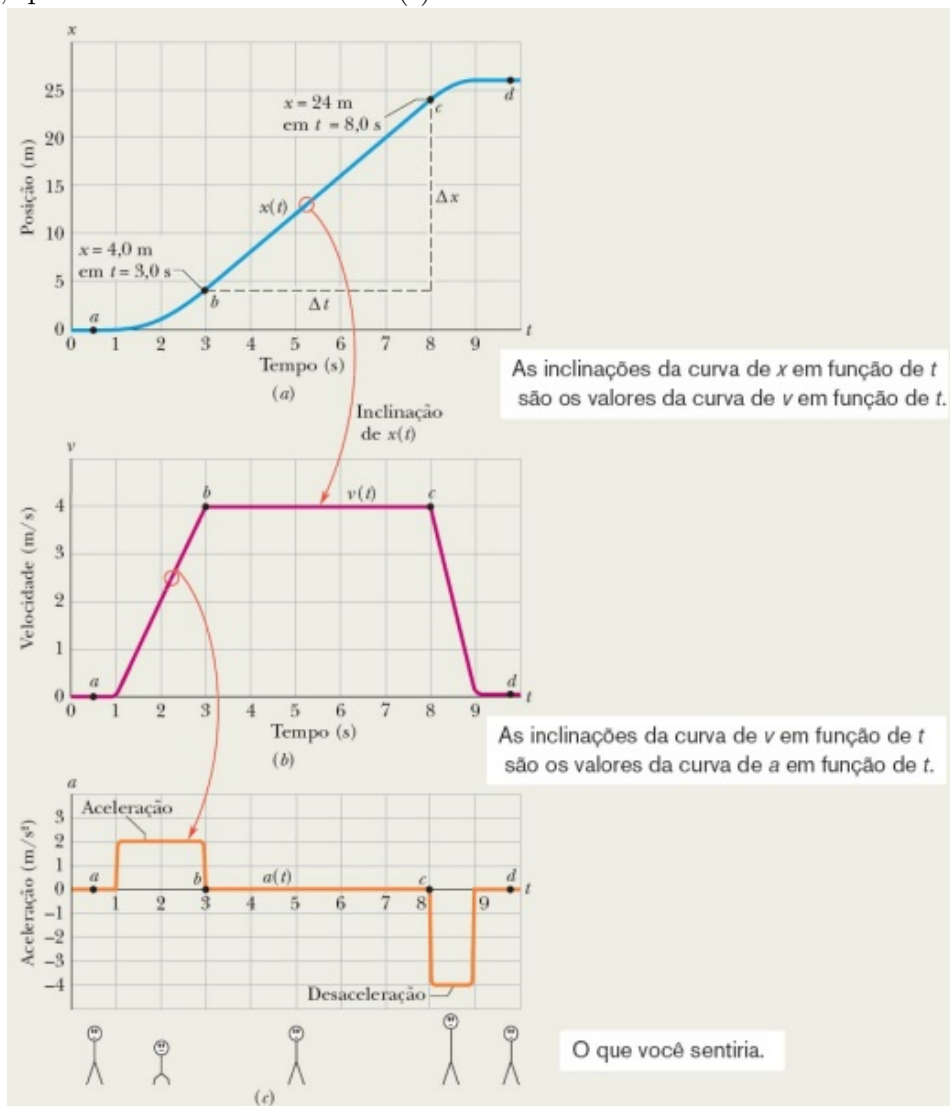
A aceleração de uma partícula em um dado instante é a taxa com que a velocidade está variando nesse instante. Graficamente, a aceleração em qualquer ponto é a inclinação da curva de $v(t)$ nesse ponto. podemos combinar as equações (3.5) e (3.8), e escrever:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2x}{dt^2}, \quad (3.9)$$

onde a aceleração da partícula, em um dado instante, é a derivada segunda da posição $x(t)$ em relação ao tempo, nesse instante.

A unidade de medida da aceleração no SI é o metro por segundo ao quadrado (m/s^2), entretanto inúmeros problemas empregam outras unidades, mas no geral todas estão na forma comprimento/ tempo². Da mesma forma que o deslocamento, a aceleração é uma grandeza vetorial, sendo assim, tem módulo, direção e sentido. O sinal algébrico representa o sentido em relação a uma eixo, ou seja, quando a aceleração tiver sinal positivo ela está no mesmo sentido do eixo, enquanto uma aceleração com valor negativo está na sentido oposto ao eixo. Em seguida, observe o gráfico da figura 3.3

Figura 3.3: (a) A curva $x(t)$ de um elevador que se move para cima ao longo do eixo x . (b) A curva $v(t)$ de um elevador. Observe que é a derivada $x(t)$. (c) A curva $a(t)$ do elevador, que é a derivada da curva $v(t)$.



Fonte: (HALLIDAY et al., 2012, p. 19).

A figura (3.3) mostra o gráfico de posição, velocidade e aceleração de um elevador. Analisando o gráfico da curva $a(t)$ com o gráfico da curva $v(t)$, observamos que cada ponto da curva $a(t)$ diz respeito à derivada (inclinação) da curva $v(t)$ no mesmo instante de tempo. Durante o intervalo de tempo em que $v(t)$ é constante (com valor de 0 ou 4 m/s) a derivada é nula, ou seja, a aceleração é nula. No momento em que o elevador começa a se mover, $v(t)$ possui derivada positiva (a inclinação é positiva), o que significa que a aceleração $a(t)$ é positiva. À medida que o elevador reduz sua velocidade até parar, tanto a derivada quanto a inclinação da curva possui valor negativo, isto é, $a(t)$ é

negativo.

Compare as inclinações da curva $v(t)$ nos dois momentos de aceleração. A inclinação relacionada à redução da velocidade, ou seja à desaceleração, é maior porque o elevador para na metade do tempo que levou para atingir uma velocidade constante. Ter uma inclinação maior significa dizer que o módulo da aceleração é maior, como mostra a figura 3.3.

Você deve estar se perguntando: Qual é a sensação que eu teria se estivesse dentro do elevador na figura 3.3? Os bonecos que aparecem na parte inferior da figura estão indicando essa sensação. No momento em que o elevador acelera (de 1 até 3 segundos), você sente a sensação como se estivesse sendo puxado para baixo. Quando o elevador freia (de 8 a 9 segundos), você tem a sensação de que está sendo puxado para cima. No intervalo de tempo (de 3 até 8 segundos), onde a velocidade é constante, você não sente nada de especial. Isto é, nosso corpo reage a aceleração, como um acelerômetro, mas não reage à velocidade (como um velocímetro). Para exemplificar o que foi dito, quando viajamos de ônibus a 80Km/h ou de avião a 700 Km/h não sentimos nenhuma sensação de movimento. Porém, se um desses veículos muda bruscamente a velocidade, percebemos imediatamente a mudança e até podemos ficar assustados.

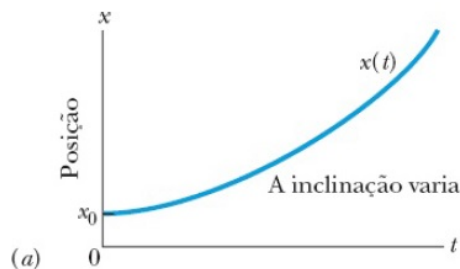
No que se refere ao sinal da aceleração, na linguagem comum, o sinal da aceleração possui um significado não científico: A aceleração positiva significa que o objeto está ganhando velocidade, e a aceleração negativa indica que o objeto está diminuindo sua velocidade. Todavia, o sinal da aceleração não indica se a velocidade está aumentando ou diminuindo. Deste modo, um veículo com velocidade inicial de -50 Km/h , que freia até parar em 10 segundos, possui aceleração média de $a_m = +5\text{m/s}^2$. Isto é, a aceleração é positiva, mas a velocidade do veículo diminui. Para Halliday *et al.* (2012, p. 21), “a forma apropriada de interpretar os sinais é o seguinte: **Se os sinais da velocidade e da aceleração de uma partícula são iguais, a velocidade escalar da partícula aumenta. Se os sinais são opostos, a velocidade escalar diminui**”.

Aceleração Constante

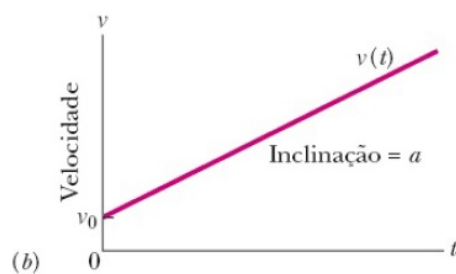
Em alguns casos, o movimento possui aceleração constante ou aproximadamente constante. O movimento acelerado mais simples de se estudar, é o movimento retilíneo com aceleração constante. De acordo com Young e Freedman (2008, p.45), “neste caso, a ve-

locidade varia com a mesma taxa durante o movimento”. Embora ocorra com frequência na natureza, esse é um caso considerando especial. Podemos citar alguns exemplos tais como: um corpo em queda livre (quando os efeitos da resistência do ar são desprezados), um corpo que escorrega ao longo de um plano inclinado (ou ao longo de uma superfície horizontal sem atrito), as situações artificiais ou tecnológicas, como o movimento de um caça a jato sendo lançado pela catapulta de um porta avião (YOUNG; FREEDMAN, 2008). Nos exemplos citados, os gráficos da posição, velocidade e aceleração ficam semelhantes ao da figura 3.4

Figura 3.4: (a) A posição $x(t)$ de uma partícula que se move com aceleração constante. (b) A velocidade $v(t)$ da partícula, dada em cada ponto pela inclinação da curva $x(t)$. (c) A aceleração $a(t)$, constante da partícula.



As inclinações da curva de posição são plotadas na curva de velocidade.



A inclinação do gráfico de velocidade é plotada no gráfico de aceleração.



Fonte: (HALLIDAY *et al.*, 2012, p. 23).

Observe que $a(t)$ na figura 3.4-c é constante, o que indica que $v(t)$ tem inclinação

constante, isso pode ser notado na figura 3.4. Casos como esses são tão frequentes que foi formulado um conjunto de equações, especialmente para lidar com eles. Nessa seção veremos um modo de obter essas equações. Entretanto, devemos lembrar que o conjunto de equações que iremos obter pode apenas ser usado em ocasião em que $a(t)$ é constante.

Para Halliday *et al.* (2012, p. 22), “quando a aceleração é constante, a aceleração média e a aceleração instantânea são iguais”, com isso podemos reescrever a equação (3.6), com algumas alterações, como

$$a = a_m = \frac{v - v_0}{t - 0},$$

na qual, v_0 expressa a velocidade no instante $t = 0$ e v representa a velocidade em instante posterior t . Fazendo algumas manipulações algébricas, evidenciando v , temos:

$$v = v_0 + at. \tag{3.10}$$

Halliday *et al.* (2012), mostra duas formas de verificar a veracidade da equação (3.10), na primeira observa que a equação se reduz a $v = v_0$, quando temos $t = 0$. A segunda forma de verificar é calculando a derivada dv/dt da equação (3.10), o resultado é $dv/dt = a$, o que corresponde a definição da equação (3.8). A figura 3.4-b mostra o gráfico da equação (3.10), a função $v(t)$ é linear, conseqüentemente, seu gráfico é uma reta.

De forma semelhante a que foi feita para obter a equação (3.10), vamos reescrever a equação (3.1), com algumas alterações na notação, na forma

$$v_m = \frac{x - x_0}{t - 0},$$

assim ficamos com

$$x = x_0 + v_m t, \tag{3.11}$$

na qual x_0 é a posição da partícula em $t = 0$ e v_m é a velocidade média entre $t = 0$ e um instante de tempo posterior t .

No que se trata da função velocidade linear da equação (3.10), “[...] a velocidade média em qualquer intervalo de tempo (de $t = 0$ a um instante posterior t , digamos) é a média aritmética da velocidade no intervalo (v_0) com a velocidade no final do intervalo

(v)” (HALLIDAY *et al.* 2012, p. 23). Para um intervalo de $t = 0$ até um instante t , a velocidade é dada por

$$v_m = \frac{v_0 + v}{2}, \quad (3.12)$$

substituindo, a equação (3.10) na equação (3.12), e fazendo algumas manipulações algébricas, obtemos:

$$v_m = v_0 + \frac{1}{2}at. \quad (3.13)$$

Para finalizar, basta pegar a equação $x = x_0 + v_mt$, evidenciar v_m e substituir na equação (3.13). Assim, temos:

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2. \quad (3.14)$$

Novamente, para verificar a veracidade da equação (3.14), perceba que em $t = 0$, a equação se reduz a $x = x_0$, como se era esperado. Outra forma, é calcular a derivada dx/dt da equação (3.14), o resultado é a definição da equação (3.10). O gráfico da figura 3.4-a, mostra o comportamento da equação (3.14), uma função de segundo grau, consequentemente o gráfico não é uma reta, e sim uma parábola (HALLIDAY *et al.* 2012).

As equações (3.10) e (3.14) são conhecidas como equações básicas para problemas que envolvem aceleração constante. Todavia, é possível deduzir outras equações que serão úteis para determinados problemas. Note que, normalmente, os problemas envolvendo aceleração constante, possuem até cinco grandezas relacionadas: Δx , t , v , a e v_0 e, em geral, uma delas não está envolvida no problema. Sendo assim, são fornecidos três grandezas e temos que obter uma quarta grandeza (HALLIDAY *et al.* 2012).

Veja que as equações (3.10) e (3.14) possuem, cada uma, quatro dessas grandezas, no entanto não apresentam as mesmas grandezas. No que se refere a equação (3.10), a grandeza inexistente é o deslocamento Δx . Na equação (3.14) não existe a presença da grandeza velocidade v . Para Chaves e Sampaio (2012), apesar das equações (3.10) e (3.14) serem suficiente para resolver problemas de movimento com acelerações constante, podemos combiná-las e obter uma nova equação, para isso vamos evidenciar t , na Eq. (3.10) e substituir na equação (3.14):

$$x = x_0 + v_0 \left(\frac{v - v_0}{a} \right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2,$$

assim, depois de um pouco de manipulação algébrica, finalmente obtemos:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0). \quad (3.15)$$

Em alguns livros o deslocamento $x - x_0$ é representado por Δx , assim temos

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x. \quad (3.16)$$

A equação (3.16) foi descoberta por Evangelista Torricelli, por isso recebeu o nome de **Equação de Torricelli**. Ela permite calcular a velocidade final de um objeto em movimento retilíneo uniformemente variado sem a necessidade de se conhecer o intervalo de tempo em que o movimento ocorreu. A tabela (3.1), mostra de maneira organizada, todas as equações deduzidas nessa seção.

Tabela 3.1: Equações de Movimento com aceleração constante

Número da Equação	Equação	Grandeza ausente
(3.10)	$v = v_0 + at$	$\Delta x = x - x_0$
(3.14)	$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$	v
(3.16)	$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$	t

Fonte: (HALLIDAY *et al.*, 2012, p. 24).

3.1.6 Mais sobre Aceleração Constante

Foi mencionado antes, que as duas primeiras equações da tabela 3.1, são equações básicas, a partir da qual podemos deduzir a Eq. de Torricelli. O que veremos agora são outras maneiras de obter essas equações básicas. Para Halliday *et al.* (2012, p. 25), as duas equações básicas podem ser deduzidas por integração, com a condição da aceleração ser constante. Para obter a Eq (3.10), temos que integrar a Eq. (3.8). Para isso vamos escrevê-la na forma:

$$dv = a dt.$$

Em seguida, vamos integrar ambos os lados da equação:

$$\int dv = \int a dt.$$

Como a aceleração é constante, ela pode sair do símbolo de integral, então:

$$\int dv = a \int dt,$$

ou

$$v = at + K \tag{3.17}$$

onde K é a constante de integração. Para obtermos o valor da constante K , usaremos as condições iniciais $t = 0$ e $v = v_0$. Substituindo na Eq. (3.17), temos:

$$K = v_0. \tag{3.18}$$

Trocando o valor de K na Eq. (3.17), obtemos novamente a Eq. (3.10)

$$v = v_0 + at.$$

Para deduzir a equação básica (3.14), vamos usar a definição da velocidade (Eq. (3.5)), reescrevendo na forma

$$dx = v dt.$$

Em seguida, substituiremos v , pelo seu valor na Eq. (3.10). Neste caso, temos:

$$dx = (v_0 + at) dt.$$

Integrando ambos os lados da equação, ficamos com

$$\int dx = \int (v_0 + at) dt.$$

Como v_0 e a são constantes, eles podem sair da integral, assim obtemos:

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 + K', \tag{3.19}$$

onde novamente K' é uma constante. Para obter o valor de K' , basta lembrar que no instante $t = 0$ o valor de $x = x_0$. Agora, substituindo as condições iniciais na equação

(3.19), temos:

$$K' = x_0. \quad (3.20)$$

Depois de obter o valor de K' , basta substituir o valor de K' , na Eq. (3.19), para obter novamente a equação (3.14).

3.1.7 Aceleração em Queda Livre

Um exemplo real e o mais simples de um movimento com aceleração, aproximadamente constante, é a queda livre de um objeto atraído pela força gravitacional do planeta Terra. Vários filósofos e cientistas manifestaram interesse por tal movimento. No século IV a.C., o filósofo Aristóteles, equivocadamente, pensou que objetos com maior peso caíam mais rápido que objetos mais leves. Isto é, a velocidade da queda seria proporcional ao peso. Mais tarde, no século XVII, Galileu comprovou que um objeto deveria cair com aceleração constante independente de seu peso (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 51).

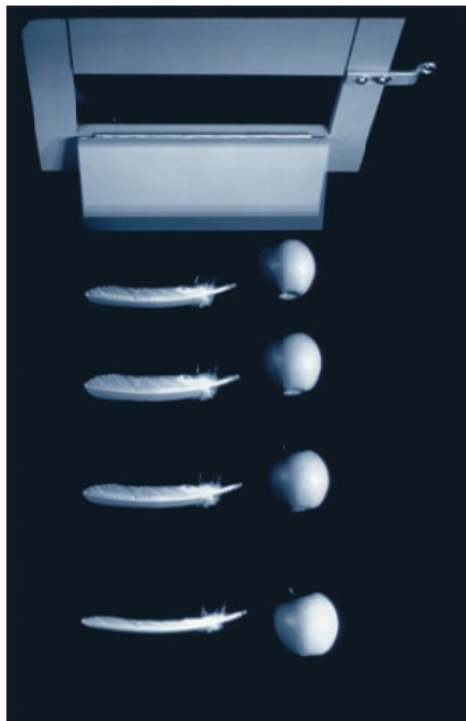
As observações realizadas por Galileu, mostraram que objetos em queda livre realmente não caem no solo ao mesmo tempo, havia uma pequena diferença no tempo de chegada, que foi retratado por Galileu como sendo a interferência da resistência do ar. Neste momento, ele idealizou um situação de movimento no vácuo, ou seja, um modelo de movimento sem a resistência do ar. Esse modelo poderia ser aproximado para qualquer situação real. Galileu foi considerado um cientista inovador, isso porque foi o primeiro a usar experimentos, modelos e matemática, o que fez dele um cientista moderno.

Segundo Knight (2009, p. 55), o que Galileu descobriu pode ser resumido em:

- Se a resistência do ar puder ser desprezada, dois objetos soltos de uma mesma altura atingirão o solo simultaneamente e com a mesma velocidade.
- Consequencialmente, quaisquer dois objetos em queda livre, não importando suas massas, adquirem a mesma aceleração $a_{quedalivre}$. Esta é uma conclusão particularmente importante.

O que foi dito por Knight está representado na figura 3.5, ela é uma fotografia de múltipla exposição da queda livre de uma pena e uma maçã, produzida com a ajuda de um estroboscópio luminoso que produz uma série de flashes com intervalos de tempo iguais. Enquanto esses objetos caem sofrem a mesma aceleração e suas velocidades aumentam como mesma taxa, observe que eles sempre caem juntos.

Figura 3.5: Na ausência da resistência do ar, dois objetos quaisquer caem com a mesma taxa e atingem o solo simultaneamente. A maçã e a pena vistas aqui estão caindo no vácuo.



Fonte: (KNIGHT, 2009, p. 55).

Segundo Young e Freedman (2008), a aceleração constante de um objeto em queda livre é chamado de aceleração da gravidade, seu módulo é representado pela letra g e usaremos o valor aproximado de g na superfície da terra, que é:

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 \quad (3.21)$$

As equações de movimento organizadas na tabela 3.1, também são utilizadas em problemas de queda livre nas proximidades da Terra, ou seja, são aplicadas em objetos que descrevem trajetórias retas na vertical, para cima ou para baixo, basta que a resistência do ar seja desprezível.

Para Halliday *et al.* (2012), quando falamos de queda livre, temos que observar que:

- (1) a direção do movimento é ao longo de um eixo y vertical e não ao longo de um eixo x horizontal, com o sentido positivo de y apontado para cima (isto será importante em capítulos subsequentes, em que examinaremos movimentos simultâneos nas direções horizontal e vertical);
- (2) a aceleração em queda livre é negativa, ou seja, para baixo, em direção ao centro da terra, e, portanto, tem um valor g nas equações (HALLIDAY *et al.*, 2012).

Imagine que você lançou uma bola de tênis para cima, com velocidade inicial v_0 positiva, depois de um tempo, você pega a bola no mesmo nível inicial que foi lançada. Durante todo o trajeto, ou seja, do momento em que a bola é lançada até o momento em que você pega a bola, as equações da tabela 3.1 podem ser utilizadas em problemas análogos ao movimento da bola de tênis. Note também que a aceleração sempre é $a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$, negativa, logo, orientada para baixo. A velocidade varia durante o trajeto, e isso pode ser observada pelas equações (3.10) e (3.1.5). Na subida seu módulo é positivo, e diminui até o ponto mais alto, onde seu valor em módulo é zero. Na descida o módulo da velocidade é positivo e cresce.

3.2 UM POUCO SOBRE VETORES

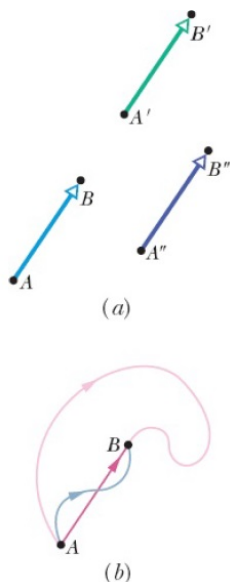
Um **vetor** contém módulo, direção e sentido, eles possuem regras de combinações próprias, que serão abordadas nessa seção. Segundo Halliday *et al* (2012), “uma **grandeza vetorial** é uma grandeza que possui um módulo e uma orientação e pode, portanto, ser representada por um vetor”. Neste contexto, apresentaremos alguns exemplos de grandezas vetoriais como o deslocamento, a velocidade e a aceleração. Nem sempre uma grandeza poderá ser representada como um vetor, por exemplo, o tempo, a massa e a temperatura não precisam de uma orientação para serem definidas, essas grandezas são denominadas **grandezas escalares** e um único valor, as vezes acompanhado de um sinal, é o bastante para indicar sua escala e sua soma é feita usando as regras algébricas comuns.

Quando uma partícula troca sua posição movendo-se de A até B, conforme a figura 3.6, dizemos que o mesmo sofreu um deslocamento de A até B. Observe que esse vetor é representado por um seta que sai da posição A até B, quando queremos representar um vetor graficamente usaremos as setas, isso porque, as setas são a maneira de representar um vetor graficamente (RAMALHO *et al.*, 2007).

Na imagem da figura 3.6-a vemos três setas que representam o mesmo vetor, isso porque tem mesmo módulo e orientação. Neste sentido, um vetor pode se deslocar preservando seu comprimento e orientação, ou seja, ele translada permanecendo o mesmo. Na figura 3.6-b, temos três trajetórias diferentes que tem o mesmo ponto de início e fim, representados pelos pontos A e B. Essas trajetórias podem ser representadas pelo

mesmo vetor deslocamento, por exemplo, por qualquer vetor da figura 3.6-a, isso porque o vetor deslocamento não faz referência à trajetória, isto é, o vetor não representa todo o movimento, apenas faz alusão ao resultado final da trajetória.

Figura 3.6: (a) Três setas com mesmo módulo e mesma orientação. (b) Três trajetórias diferentes que ligam A e B.



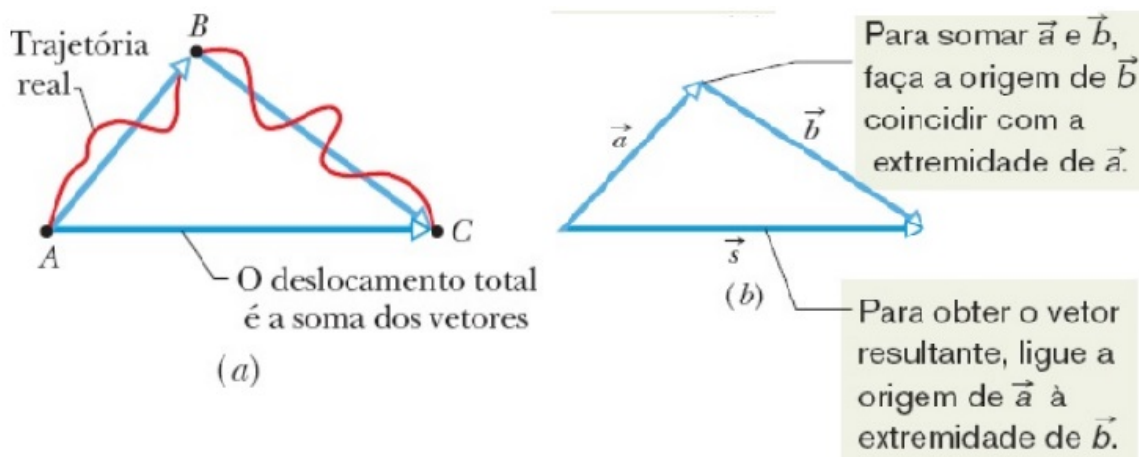
Fonte:(HALLIDAY *et al.*, 2012, p. 40).

3.2.1 Adição Geométrica de Vetores

Observe a figura 3.7-a, ela retrata o deslocamento de um objeto que inicialmente desloca-se de A até B e depois de B até C. Temos o potencial de descrever o *deslocamento total* por intermédio de dois vetores deslocamentos sucessivos, AB e BC. O *Deslocamento total* é um vetor exclusivo, que independe da trajetória, e nesse exemplo parte de A para C. Denominamos esse vetor como *vetor soma*, ou *vetor resultante*, dos vetores AB e BC. É importante avisar que apesar do nome “vetor soma” este tipo de soma não é uma soma algébrica comum, que normalmente usamos para somar números, trata-se de uma soma vetorial.

Os vetores da figura 3.7-a são os mesmos na figura 3.7-b, porém estão escritos em notação diferente. A notação da figura 3.7-b será usada daqui em diante, isto é, uma seta sobre um letra minúscula em Itálico, por exemplo \vec{b} e \vec{d} . Para expressar o módulo dos vetores usaremos apenas o símbolo em itálico, por exemplo b e d .

Figura 3.7: (a) Diagrama da soma de dois vetores AB e BC. (B) Outra representação para a soma dois vetores AB e BC.



Fonte:(HALLIDAY *et al.*, 2012, p. 41).

Segundo Halliday *et al.* (2012), a soma entre dois vetores pode ser descrita pela equação vetorial

$$\vec{s} = \vec{a} + \vec{b}, \quad (3.22)$$

onde \vec{s} representa a soma dos vetores \vec{a} e \vec{b} . Devemos lembrar que o símbolo +, na equação (3.22), desempenha um papel diferente, melhor dizendo, não é usado da mesma forma que usamos na simples soma de números reais, pois uma soma vetorial envolve tanto o módulo quanto a orientação dos vetores. Para desenharmos essa soma graficamente podemos seguir as seguintes instruções:

- (1) Desenhe o vetor \vec{a} em uma escala conveniente e com o ângulo apropriado. (2) Desenhe o vetor \vec{b} na mesma escala, com a origem na extremidade do vetor \vec{a} , também com o ângulo apropriado. (3) O vetor soma \vec{s} é um vetor que vai da origem de \vec{a} à extremidade de \vec{b} (HALLIDAY *et al.*, 2012, p. 41).

Ao definirmos a soma de vetores desta maneira, conseqüentemente, obtemos duas propriedades importantes. A primeira é a **comutativa**, ou seja, a ordem da soma de dois vetores não importa, somar $\vec{a} + \vec{b}$ é mesmo que somar $\vec{b} + \vec{a}$, em outros termos,

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}. \quad (3.23)$$

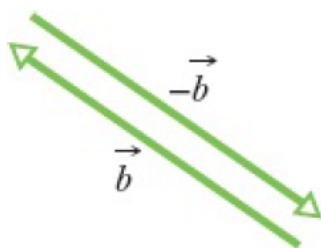
A segunda é a propriedade **associativa**, isto é, toda vez que somamos mais de dois vetores, podemos agrupá-los em qualquer ordem que o resultado final da soma vetorial

será a mesma. Sendo assim, dados os vetores \vec{a} , \vec{b} e \vec{c} temos:

$$(\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c} = \vec{a} + (\vec{b} + \vec{c}). \quad (3.24)$$

Além dessas duas propriedades também será comentado sobre o **oposto de um vetor**. O oposto de um vetor, é um vetor com mesmo módulo e direção, mas seu sentido é oposto, veja um exemplo na figura 3.8, é normal indicarmos o vetor oposto com um sinal de - na frente do vetor. Esse vetor tem características bem peculiares, por exemplo, se fizermos a soma dois vetores oposto da figura 3.8, seu resultado será $(\vec{b}) + (-\vec{b}) = 0$.

Figura 3.8: Dois vetores, \vec{b} e $-\vec{b}$, com mesmo módulo mas sentidos opostos.



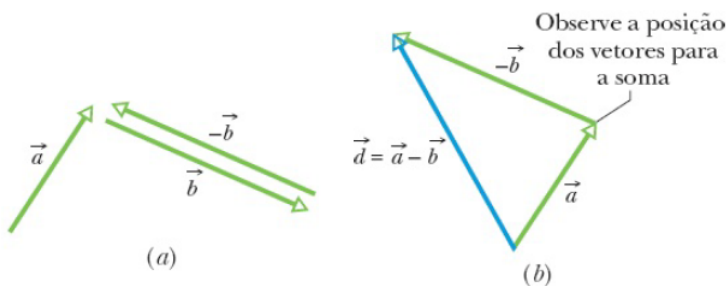
Fonte:(HALLIDAY *et al.*, 2012, p. 41).

Desse modo, somar o vetor $-\vec{b}$ é o mesmo que subtrair \vec{b} . Tirando proveito dessa particularidade vamos estabelecer a diferença entre dois vetores. seja $\vec{d} = \vec{a} - \vec{b}$, então

$$\vec{d} = \vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b}) \text{ (Subtração de vetores)}, \quad (3.25)$$

ou seja, calculamos o vetor diferença \vec{d} somando o vetor $-\vec{b}$ ao \vec{a} . Na figura 3.9 é mostrado como é feito essa subtração geometricamente

Figura 3.9: (a) vetores \vec{a} , \vec{b} e $-\vec{b}$. (b) subtração de vetores



Fonte:(HALLIDAY *et al.*, 2012, p. 41).

Independentemente que tenhamos usado o vetor deslocamento as regras de soma e subtração apresentadas até o momento podem ser aplicadas a qualquer tipo de vetor. Porém, devemos ter cuidado de somar vetores do mesmo tipo, por exemplo, podemos somar dois vetores deslocamento, mas não somar um vetor deslocamento com um vetor velocidade, pois eles tem naturezas distintas, isso seria o mesmo que somar 12m com 5Kg. Isto é, como as dimensões são diferentes a soma não pode ser feita.

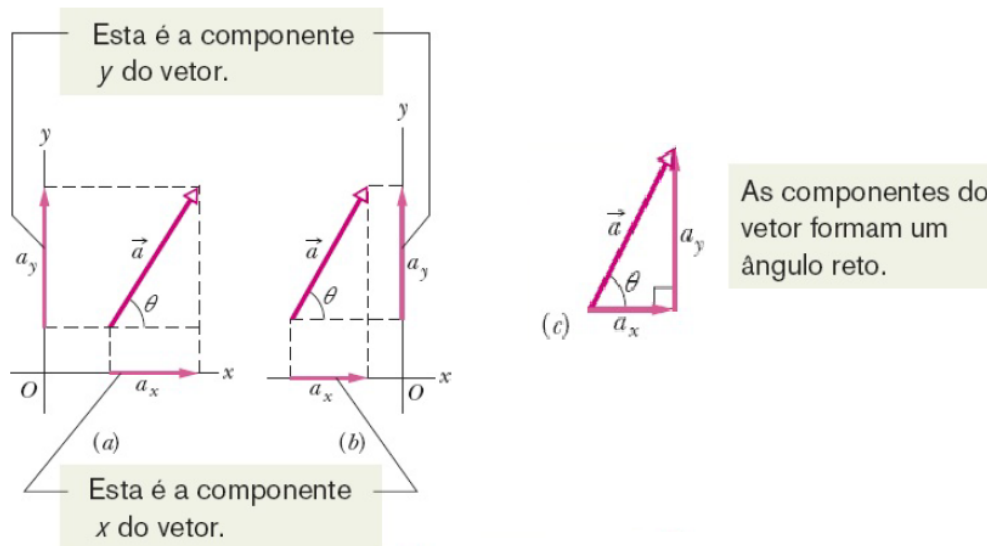
3.2.2 Componentes de Vetores

A soma geométrica é uma ótima técnica para a soma de dois vetores. No entanto, para somar três ou mais vetores, esse método torna-se entediante e cansativo, isso porque, só podemos somar de dois em dois. Nestes casos, uma nova estratégia pode ser usada, trata-se da **soma dos componentes**. Todavia, para que esse método seja aplicado devemos expressar o vetor em um sistema de coordenadas, nesse caso, serão utilizadas as coordenadas retangulares. Os eixos x e y são geralmente desenhados no plano do papel, o eixo z é perpendicular ao plano xy , mas como vamos abordar vetores bidimensionais, a priori vamos ignorar sua existência.

Todo vetor que esteja escrito em um sistema de coordenadas pode ser fragmentado em componentes. No entanto, ainda precisamos de uma definição para a palavra componente, neste sentido, vamos usar a definição do livro Hallyday. De acordo Halliday, Resnick e Walker (2012, p. 43) “Uma **componente** de um vetor é uma projeção do vetor em um eixo”. O método de projetar um vetor no eixo do sistema de coordenadas é denominado **decomposição de vetores**, na figura 3.10, podemos observar a decomposição do vetor \vec{a} no plano cartesiano. Note que, a_y é a projeção de \vec{a} na direção do eixo y , e que a_x é a decomposição de \vec{a} na direção do eixo x .

Observe a figura 3.10 e note que as componentes de um vetor tem mesmo sentido, em relação a um eixo, do vetor decomposto. Tendo como exemplo o \vec{a} , verifica-se que ele aponta no sentido positivo, então suas componentes a_x e a_y apontam no sentido positivo do sistema de coordenadas. Todavia, se invertemos o sentido do vetor, suas componentes apareceriam com um sinal negativo e a seta apareceria apontada no sentido negativo do plano cartesiano.

Figura 3.10: (a) Vetor \vec{a} e suas componentes. (b) \vec{a} deslocado, porém suas componentes não mudam. (c) Os catetos correspondem as componentes e a hipotenusa ao vetor original.



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 43).

Em um sistema de coordenadas retangular um vetor pode ser representado por até três componentes, no caso do vetor \vec{a} , ele apresenta apenas duas componentes, isso significa que a componente em relação ao eixo z tem valor nulo. A figura 3.10 mostra que quando um vetor é deslocado preservando sua orientação suas componentes também são preservadas.

Geometricamente, através do triângulo retângulo da figura 3.10-c, as componentes podem ser definidas como

$$a_x = a \cos(\theta) \quad \text{e} \quad a_y = a \sin(\theta), \quad (3.26)$$

na qual θ representa o ângulo formado entre \vec{a} e a componente a_x (observe a figura 3.10). Depois de decompor o vetor em relação ao sistema de coordenadas, podemos utilizar as componentes no lugar do vetor. Sendo assim, o vetor \vec{a} pode ser expresso por a e θ ou por a_x e a_y . É importante salientar que os dois pares de valores possuem mesma informação. Portanto, se tivermos um vetor escrito com a notação (a_x, a_y) e quisermos mudar para $(a$ e $\theta)$ basta usar o seguinte conjunto de equações

$$a = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2} \quad \text{e} \quad \tan(\theta) = \frac{a_y}{a_x}. \quad (3.27)$$

A equação (3.27) é usada apenas para transformações onde o vetor é bidimensional. Em caso na qual o vetor está representado em um sistema de coordenadas tridimensional, precisamos de um módulo e dois ângulos (a, θ, ϕ) ou de três componentes (a_x, a_y, a_z) para decompor o vetor.

3.2.3 Vetor Unitário

Para diferenciar um vetor comum de um vetor unitário, afim de que não haja confusão, vamos usar o símbolo $\hat{\cdot}$ em cima do vetor unitário, em vez de uma seta, por exemplo, \hat{i} , \hat{j} e \hat{k} é usado para representar os vetores unitários que apontam no sentido positivo dos eixos x , y e z , respectivamente.

De acordo com Winterle (2000) um vetor unitário é um vetor com módulo igual a 1, que não apresenta dimensão nem unidade, tendo com finalidade identificar uma orientação.

Os vetores unitários \hat{i} , \hat{j} e \hat{k} coincidem com a origem dos os eixos x , y , z e são ótimos para representar outros vetores, tal como

$$\vec{c} = c_x \hat{i} + c_y \hat{j}. \quad (3.28)$$

Na qual, $c_x \hat{i}$ e $c_y \hat{j}$ são denominados de **componentes vetoriais** do vetor \vec{c} , já c_x e c_y são definidos como componentes escalares, ou apenas componentes, do vetor \vec{c} .

3.2.4 Soma de vetores a partir das componentes

Como já mencionado anteriormente a soma vetorial pode ser feita de maneira geométrica, isto é, através da construção de desenhos geométricos. Uma nova forma de executar a soma é através da combinação das componentes.

Para Giacometti (2015) a soma dos dois vetores $\vec{a} + \vec{b}$, onde \vec{a} e \vec{b} são vetores bidimensionais, pode ser expresso como:

$$\vec{a} + \vec{b} = (a_x \hat{i} + a_y \hat{j}) + (b_x \hat{i} + b_y \hat{j}),$$

ou seja,

$$\vec{a} + \vec{b} = (a_x + b_x) \hat{i} + (a_y + b_y) \hat{j}. \quad (3.29)$$

A equação (3.29), mostra que a soma é realizada usando a soma algébrica de suas componentes. Nesse método também pode se aplicado a subtração de vetores, assim a diferença entre os vetores \vec{a} e \vec{b} é dada por:

$$\vec{a} - \vec{b} = (a_x - b_x)\hat{i} + (a_y - b_y)\hat{j}. \quad (3.30)$$

3.2.5 Multiplicação de Vetores

Existem três formas de multiplicação por vetores. Entretanto, nenhuma delas é igual a simples multiplicação algébrica que conhecemos. Portanto, temos que prestar bastante atenção nas regras que as conduzem. Das três formas mencionadas, vamos ver apenas duas formas de multiplicação nesse capítulo.

A terceira forma de “multiplicação” de vetores, é o **Produto vetorial**, porém, não iremos falar dele nesta dissertação, pois não queremos deixar o capítulo de física em nível superior extenso demais, e também não há necessidade de comentar sobre ele, mas no caso do leitor estar curioso recomendamos a leitura dos livros: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012) e (GIACOMETTI, 2015).

Multiplicação de um Vetor por um Escalar

Para Tipler e Mosca (2006) a multiplicação de um vetor \vec{a} por um escalar k pode ser definido como:

$$\vec{b} = k\vec{a}, \quad (3.31)$$

se k for um escalar positivo, o resultado é um novo vetor, que conserva a mesma direção e sentido anteriores, mas o módulo é alterado pelo valor do escalar. Se k for um escalar com valor negativo, além da alteração no módulo o sentido de \vec{b} é o oposto de \vec{a} .

As propriedades da multiplicação de vetores por escalares são:

$$s(k\vec{c}) = (sk)\vec{c}; \quad (3.32)$$

$$k(\vec{b} + \vec{c}) = k\vec{b} + k\vec{c}; \quad (3.33)$$

$$(k + s)\vec{c} = k\vec{c} + s\vec{c}. \quad (3.34)$$

Onde k e s são escalares.

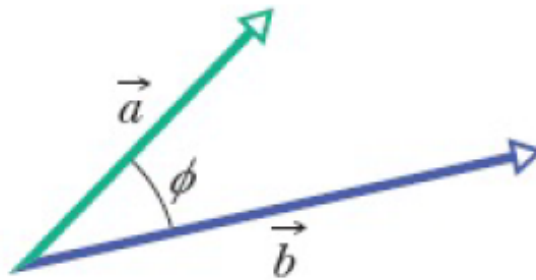
O Produto escalar

De acordo Giacometti (2015) o **Produto escalar** de dois vetores, como os da figura 3.11, é dado por:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cos(\phi), \quad (3.35)$$

onde ϕ é o menor ângulo formado pelo dois vetores, como mostra a figura 3.11, e o resultado desta operação sempre é um número escalar (ou número real). Para expressar o produto escalar, normalmente coloca-se um ponto entre os vetores, ou seja, $\vec{a} \cdot \vec{b}$ e lê-se produto escalar de \vec{a} por \vec{b} .

Figura 3.11: Produto escalar de \vec{a} por \vec{b}



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 50).

Dependendo do ângulo entre os dois vetores o produto pode ser negativo ou positivo, quando os dois vetores são paralelos o produto escalar tem seu valor máximo e quando eles são perpendiculares tem seu valor nulo.

O produto escalar tem as seguintes propriedades:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}; \quad (3.36)$$

$$\vec{a}(\vec{b} + \vec{c}) = \vec{a} \cdot \vec{b} + \vec{a} \cdot \vec{c}; \quad (3.37)$$

$$k(\vec{a} \cdot \vec{b}) = (k\vec{a}) \cdot \vec{b} = \vec{a}(k \cdot \vec{b}); \quad (3.38)$$

$$\vec{a} \cdot \vec{a} = |\vec{a}|^2. \quad (3.39)$$

O produto escalar é nulo, $\vec{a} \cdot \vec{b} = 0$, se somente se os dois vetores forem perpendiculares, por exemplo $\hat{i} \cdot \hat{i} = \hat{j} \cdot \hat{j} = \hat{k} \cdot \hat{k} = 1$, ou se um deles for nulo. Esta propriedade é bastante importante para provar que dois vetores são perpendiculares entre si. A equação (3.39)

é útil para calcular o módulo de \vec{a} .

Sempre que \vec{a} e \vec{b} estiverem representados em termos do vetor unitário o produto escalar pode ser expresso como:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = (a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}) \cdot (b_x \hat{i} + b_y \hat{j} + b_z \hat{k}), \quad (3.40)$$

onde \vec{a} e \vec{b} são vetores tridimensionais. Se expandirmos a equação (3.40) calculando os produtos escalares das componentes, obtemos:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z. \quad (3.41)$$

Assim, o produto escalar é obtido algebricamente multiplicando as componentes e depois somando.

3.3 MOVIMENTO EM DUAS E TRÊS DIMENSÕES

3.3.1 Posição e Deslocamento

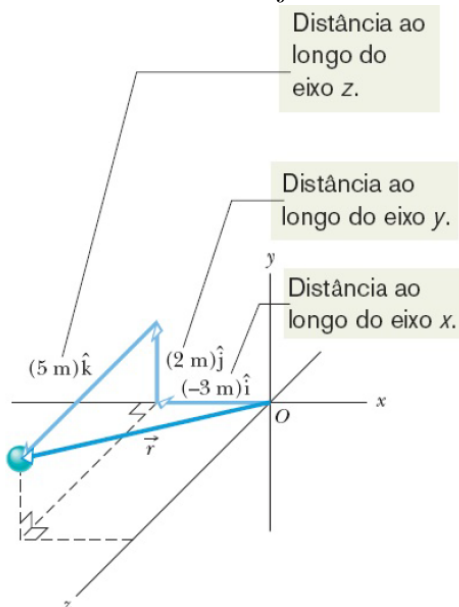
A localização de uma partícula no espaço pode ser representada pelo vetor posição \vec{r} , um vetor que parte da origem do sistemas de coordenadas até a partícula. De acordo com Knight (2009) \vec{r} pode ser expresso como:

$$\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}, \quad (3.42)$$

onde $x\hat{i}$, $y\hat{j}$ e $z\hat{k}$ são as componentes vetores e x , y e z as componentes escalares do vetor \vec{r} .

A localização da partícula é indicada pelos coeficientes x , y , e z , por exemplo, na figura 3.12, temos um objeto cujo vetor posição é representado por $\vec{r} = -3\hat{i} + 2\hat{j} + 5\hat{k}$, como na figura 3.12, a letra m está simbolizando o metro. Note que, no eixo x , o objeto está localizado a 3 metros da origem, no sentido oposto do vetor unitário \hat{i} . No eixo y , o objeto está a 2 metros da origem, no sentido de \hat{j} , e no eixo z , o objeto está a 5 metros da origem, no sentido do vetor unitário \hat{k} .

Figura 3.12: Partícula no \vec{r} de um objeto no sistema de coordenadas



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 63).

Sempre que um objeto se movimenta, o vetor posição associado a ele sofre uma variação, de modo que, a origem do sistema de coordenadas sempre está ligado a partícula. Então, Suponha que um objeto se move, durante um intervalo de tempo, e o vetor posição varia de \vec{r}_1 para \vec{r}_2 . Esse **deslocamento** de partícula é dado por

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1. \quad (3.43)$$

Se escrevermos r_1 e r_2 em termos dos vetores unitários, podemos reescrever a equação (3.43) como:

$$\Delta\vec{r} = (x_2\hat{i} + y_2\hat{j} + z_2\hat{k}) - (x_1\hat{i} + y_1\hat{j} + z_1\hat{k}), \quad (3.44)$$

assim, com uma pouco de álgebra e ajuda das propriedades de produto escalar chegamos ao seguinte resultado

$$\Delta\vec{r} = (x_2 - x_1)\hat{i} + (y_2 - y_1)\hat{j} + (z_2 - z_1)\hat{k}. \quad (3.45)$$

Observe que $(x_2 - x_1)$ representa o deslocamento da partícula ao longo do eixo x , no sentido \hat{i} , e que, $(y_2 - y_1)$ representa o deslocamento da partícula ao longo do eixo y , no sentido \hat{j} . E $(z_2 - z_1)$ representa o deslocamento no eixo z , no sentido \hat{k} . Então, podemos expressar o deslocamento como:

$$\Delta\vec{r} = \Delta x\hat{i} + \Delta y\hat{j} + \Delta z\hat{k}. \quad (3.46)$$

3.3.2 Velocidade Média e Velocidade Instantânea

O conceito de vetores e a representação de um vetor usando os vetores unitários simplificam de modo considerável o estudo de movimentos em duas e três dimensões. Os cálculos ficam significativamente fáceis e a notação é mais simples de se entender.

Existem duas grandezas que podem definir a “rapidez” de uma partícula, já mencionadas anteriormente, a velocidade média e a velocidade instantânea, podemos considerá-las como grandezas vetoriais e usar a notação de vetores para expressá-las.

Para Nussenzveig (2013), quando ocorre um deslocamento $\Delta\vec{r}$ em um intervalo de tempo Δt , a **velocidade média** \vec{v}_m dessa partícula pode ser expressa, com notação vetorial, como

$$v_m = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}. \quad (3.47)$$

Note, pela equação (3.47), que o vetor velocidade média e o vetor deslocamento tem mesma orientação. Podemos substituir $\Delta\vec{r}$ pela equação (3.46), onde temos o vetor deslocamento em termos das componentes vetoriais. Sendo assim, a equação (3.47) pode ser escrita na forma:

$$\vec{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\hat{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t}\hat{j} + \frac{\Delta z}{\Delta t}\hat{k}. \quad (3.48)$$

Assim, citando caso parecido, imagine um objeto que sofre um deslocamento de $(24m)\hat{i} + (6m)\hat{j}$ em 3 s, a velocidade média pode ser expressa como

$$\vec{v}_m = \frac{(24m)\hat{i} + (6m)\hat{j}}{3s} = (8 \text{ m/s})\hat{i} + (2 \text{ m/s})\hat{j}. \quad (3.49)$$

Nesse exemplo, a velocidade média vetorial tem um comportamento de 8 m/s ao longo do eixo x e 2 m/s ao longo do eixo y .

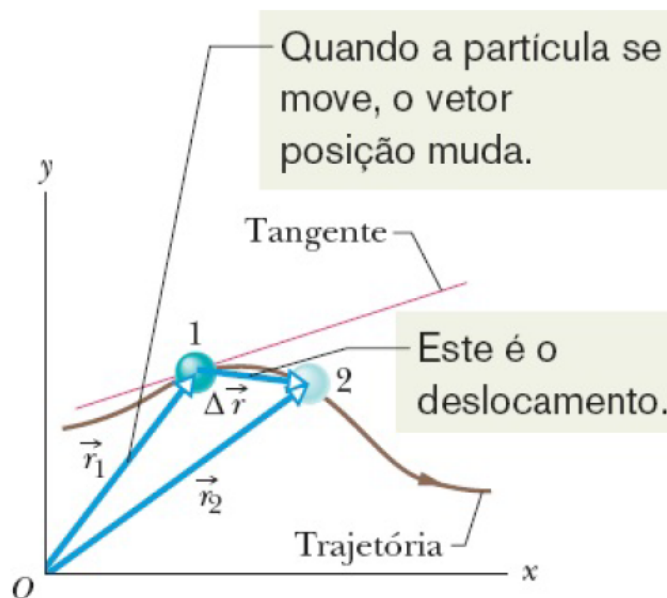
A **velocidade instantânea** \vec{v} é o valor para a qual \vec{v}_m tende, quando Δt tende a zero. Sendo assim, podemos usar a notação vetorial e expressa-lá como

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}. \quad (3.50)$$

A figura 3.13, indica a trajetória de uma partícula que está no plano. No momento em que ela se movimentava para a direita, o vetor posição gira para a direita, e durante um intervalo de tempo Δt , o vetor posição muda radicalmente de \vec{r}_1 para \vec{r}_2 , neste sentido, o deslocamento é $\Delta\vec{r}$.

Para determinar a velocidade instantânea da partícula da figura 3.13, no instante t_1 , que é o instante em que a partícula está na posição 1, devemos tender Δt a zero. Ao fazer isso, para Halliday, Resnick e Walker (2012, p. 63), há três coisas que devem acontecer “(1) O vetor posição \vec{r}_2 se aproxima de \vec{r}_1 , fazendo $\Delta\vec{r}$ tender a zero. (2) A direção de $\Delta\vec{r}/\Delta t$ se aproxima da direção da reta tangente trajetória da partícula na posição 1. (3) A velocidade média se aproxima da velocidade instantânea no instante t_1 ”.

Figura 3.13: Deslocamento de uma partícula que sai da posição 1 até a posição 2, em um intervalo de tempo Δt . A figura também mostra a reta tangente à trajetória da partícula na posição 1.



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 63).

Quando Δt tende para zero, observa-se duas coisas: Na primeira, temos que a velocidade média \vec{v}_m se aproxima da velocidade instantânea \vec{v} . E a segunda, é que \vec{v}_m assume a direção tangente. Sendo assim, \vec{v} também assume essa direção, graças a primeira observação. Isso mostra que a direção da velocidade instantânea sempre é perpendicular a trajetória de qualquer objeto, seja em duas ou em três dimensões.

Para expressar a equação (3.50) em termos dos vetores unitários, temos que substituir

\vec{r} dada pela equação (3.42):

$$\vec{v} = \frac{d}{dt}(x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}) = \frac{dx}{dt}\hat{i} + \frac{dy}{dt}\hat{j} + \frac{dz}{dt}\hat{k}. \quad (3.51)$$

Podemos simplificar ainda mais, fazendo

$$\vec{v} = v_x\hat{i} + v_y\hat{j} + v_z\hat{k}, \quad (3.52)$$

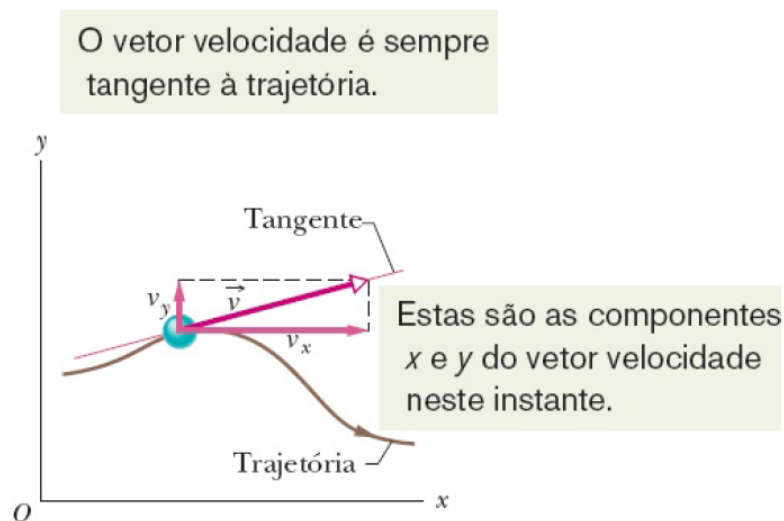
na qual as componentes escalares do vetor velocidade instantânea são:

$$v_x = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \frac{dy}{dt}, \quad v_z = \frac{dz}{dt}. \quad (3.53)$$

Onde, por exemplo, dx/dt é a componente do vetor \vec{v} em relação ao eixo x . Isso nos indica que podemos encontrar as componentes da velocidade instantânea derivando o vetor posição.

Na figura 3.14, temos o vetor \vec{v} e suas componentes v_x e v_y em relação ao eixo x e y , respectivamente. Nela podemos observar que \vec{v} é tangente à trajetória em qualquer posição da partícula. Note que o vetor posição geralmente é uma seta que se estende do ponto inicial até o fim da trajetória, entretanto o vetor velocidade não se estende até o fim da trajetória. No caso, a orientação do vetor é usado para expressar a direção da velocidade instantânea, localizada na origem do vetor. O comprimento, que expressa o magnitude da velocidade, pode ser desenhado em qualquer escala.

Figura 3.14: A velocidade \vec{v} e suas componentes escalares v_x e v_y .



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 64).

3.3.3 Aceleração Média e Aceleração Instantânea

Para Young e Freedman (2008), quando uma partícula varia sua velocidade de \vec{v}_1 para \vec{v}_2 , durante um intervalo de tempo Δt , podemos definir a **aceleração média** nesse intervalo como:

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}. \quad (3.54)$$

Se $\Delta t \rightarrow 0$ nas vizinhanças de um certo instante, a aceleração média a_m tende para a **aceleração instantânea** \vec{a} , ou simplesmente aceleração, e podemos escreve-lá como

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}. \quad (3.55)$$

A equação (3.55) nos mostra que se o módulo ou orientação ou ambas variarem, então a partícula dispõem de uma aceleração. A equação (3.55) também pode ser expressa usando os vetores unitários, para isso basta reescrever \vec{v} utilizando a equação (3.52), sendo assim temos:

$$\begin{aligned} \vec{a} &= \frac{d}{dt}(v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k}) \\ &= \frac{dv_x}{dt} \hat{i} + \frac{dv_y}{dt} \hat{j} + \frac{dv_z}{dt} \hat{k}. \end{aligned}$$

E por fim a equação fica na forma:

$$\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}, \quad (3.56)$$

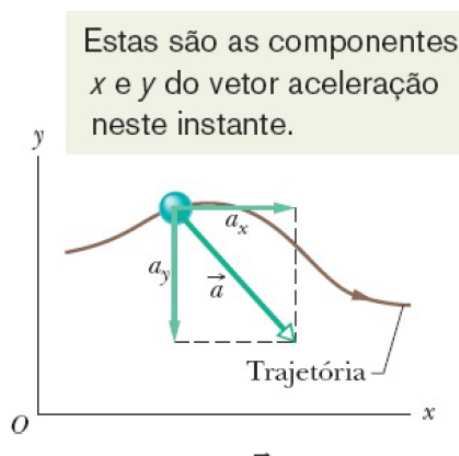
onde o vetor \vec{a} possui as seguintes componentes escalares

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}, \quad a_y = \frac{dv_y}{dt}, \quad a_z = \frac{dv_z}{dt}. \quad (3.57)$$

Logo, para obter as componentes escalares do vetor \vec{a} basta derivar as componentes do vetor \vec{v} em relação ao tempo.

O vetor aceleração não é um vetor que se estende do ponto inicial até o ponto final da trajetória, assim como o vetor deslocamento. A orientação do vetor aceleração indica a direção instantânea da aceleração, localizada no início do vetor. O comprimento, que representa a magnitude da aceleração, pode ser desenhada em qualquer escala. A figura 3.15, mostra o que foi dito

Figura 3.15: O vetor \vec{a} e suas componentes escalares a_x e a_y .



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 66).

3.3.4 Movimento de Balística

Para iniciarmos o assunto, imagine a seguinte situação: Uma partícula se move no plano xy , com uma velocidade inicial v_0 e aceleração constante, igual a aceleração de queda livre g , dirigida para baixo. Qualquer objeto que se mova desta maneira é denominada de **Projétil** e seu movimento é considerado com uma **movimento balístico** (ou lançamento de projétil). O projétil pode ser uma bola de futebol, pingue pongue ou uma bala.

Para analisar esse tipo de movimento basta usar o que foi estudado sobre movimentos em duas e três dimensões, desprezando os efeitos do ar. A figura 3.16 mostra o movimento balístico de um projétil, quando não levamos em conta a influência do ar. Um projétil que é lançado com uma velocidade inicial \vec{v}_0 pode ser expresso na forma

$$\vec{v}_0 = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j}, \quad (3.58)$$

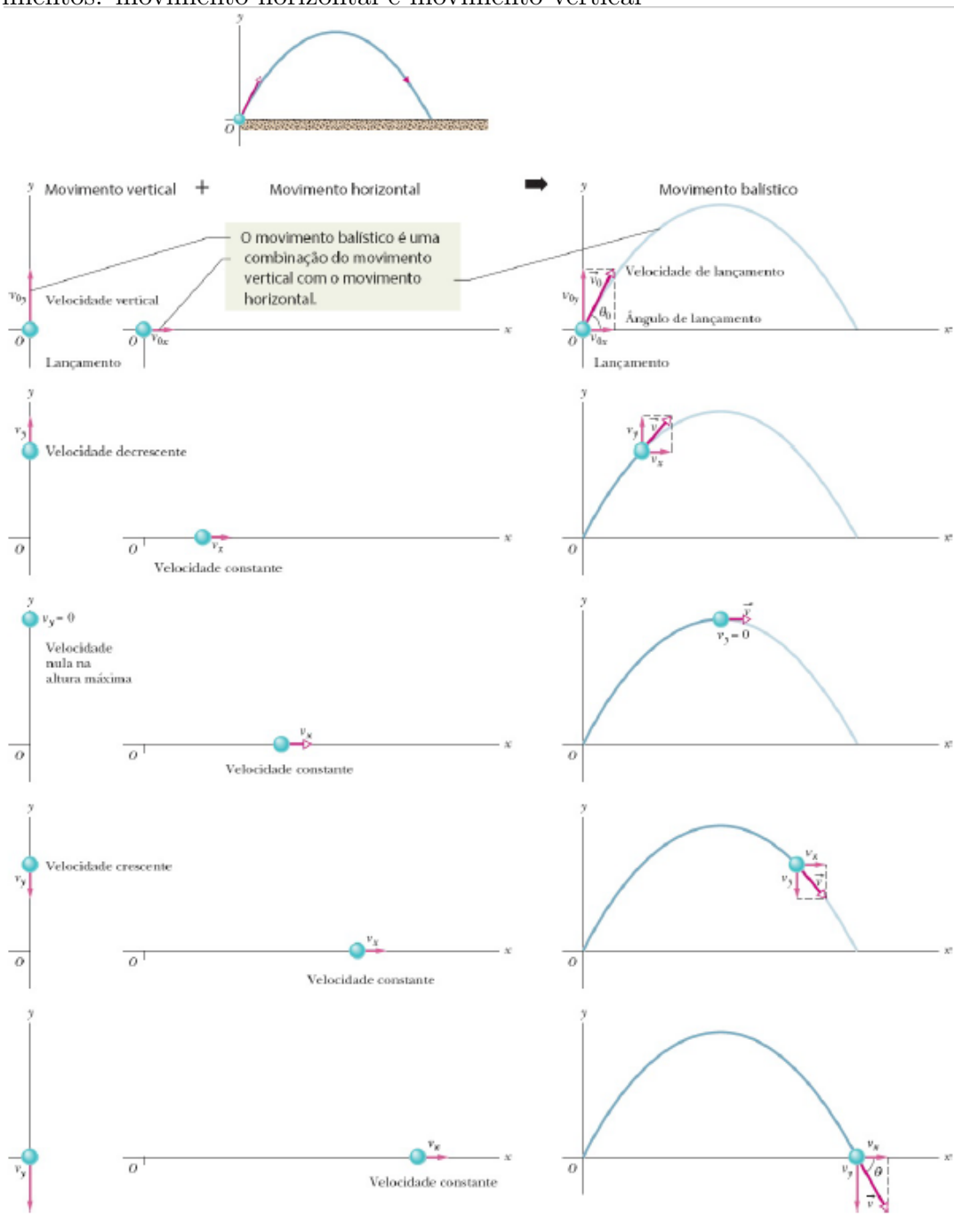
onde podemos determinar as componentes v_{0x} e v_{0y} se conhecermos o ângulo θ entre o vetor \vec{v}_0 e o semieixo x positivo:

$$v_{0x} = v_0 \cos(\theta) \text{ e } v_{0y} = v_0 \sin(\theta). \quad (3.59)$$

Em um movimento no plano xy , os vetores \vec{r} e \vec{v} do projétil sempre estão variando. Entretanto, o vetor aceleração \vec{a} permanece constante e sua orientação sempre é vertical para baixo. Em um movimento de balística o projétil não adquire aceleração horizontal.

O movimento de um projétil pode parecer complicado de ser estudado, porém podemos simplificar o estudo usando a propriedade: “No movimento balístico, o movimento horizontal e o movimento vertical são independentes, ou seja, um não atrapalha o outro” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 67).

Figura 3.16: Movimento de um Projétil lançado da origem de um sistema de coordenadas com velocidade. como mostra a figura o movimento pode ser decomposto em dois movimentos: movimento horizontal e movimento vertical



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 68).

Com essa propriedade podemos dividir um problema que envolve um movimento balístico em dois movimentos unidimensionais: O movimento horizontal, que tem a característica de ter aceleração nula, e o movimento vertical que tem como característica uma aceleração constante igual a g . Para visualizar o que foi dito observe a figura 3.16 e veja como o movimento do projétil pode ser expresso como uma combinação de dois movimentos unidimensionais.

Movimento Horizontal

Como já foi mencionado anteriormente, quando se trata do movimento horizontal a aceleração é igual a zero, por esse motivo a componente escalar horizontal v_{0x} da velocidade inicial v_0 nunca se modifica, ou seja, permanece constante durante toda trajetória.

Segundo Chaves e Sampaio (2012), para qualquer tempo t , o deslocamento horizontal, $x - x_0$ de um projétil em função da posição inicial pode ser expresso com da ajuda a equação (3.14), basta lembrar que a aceleração é nula. Nesse sentido podemos escrever o deslocamento horizontal como:

$$x - x_0 = v_{0x}t, \quad (3.60)$$

ainda podemos simplificar mais com o auxílio da equação (3.59), sendo assim temos:

$$x - x_0 = (v_0 \cos(\theta))t. \quad (3.61)$$

Movimento Vertical

O movimento vertical também chamando de queda livre já foi comentado anteriormente, e como nesse tipo de movimento a aceleração é constante, as equações da tabela 3.1 podem ser aplicadas na resolução de problemas, para isso temos que fazer algumas mudanças como: substituir a por $-g$ e o eixo x pelo eixo y . A equação (3.14), fica expressa na forma:

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2,$$

na qual v_{0y} representa a componente vertical da velocidade e se substituirmos v_{0y} pela equação 3.59, obtemos:

$$y = y_0 + v_0 \sin(\theta)t - \frac{1}{2}gt^2. \quad (3.62)$$

De maneira análoga podemos reescrever as equações (3.10) e (3.16):

$$v_y = v_0 \sin(\theta) - gt; \quad (3.63)$$

$$v_y^2 = (v_0 \sin(\theta))^2 - 2g\Delta y. \quad (3.64)$$

A componente vertical da velocidade tem um comportamento idêntico ao lançamento de uma bola lançada para cima. Onde a bola é lançada com uma certa velocidade inicial é com o passar do tempo tem seu módulo diminuindo progressivamente até ter velocidade igual a zero, no ponto mais alto. Em seguida, inicia uma descida com sua velocidade aumentando progressivamente com o passar do tempo.

Equação da Trajetória

Para obter a equação da trajetória de um projétil precisamos realizar uma verdadeira “ginástica algébrica”, para isso vamos eliminar o tempo t nas equações (3.61) e (3.62), evidenciando o t na equação (3.61) e substituindo na equação (3.62). Depois de algum trabalho, vamos obter:

$$y = (\tan(\theta))x - \frac{gx^2}{2(v_0 \cos(\theta))^2}. \quad (3.65)$$

Essa é a equação da trajetória de um projétil, como o da figura 3.16, para deduzi-la fizemos $x_0 = 0$ e $y_0 = 0$. Observe que g , v_0 e θ são constantes sendo assim a equação (3.3.4) tem a forma geral $y = ax + bx^2$, onde a e b são constantes, como essa equação representa uma parábola, dizemos que a trajetória de um projétil é uma parábola.

Alcance Horizontal

O que chamamos de **Alcance Horizontal**, R , de um projétil é a distância horizontal percorrida pelo projétil, ao longo do eixo x , a partir do momento em que ele é lançado até o projétil voltar ao ponto inicial, em relação ao eixo y . Para obter R temos que fazer $x - x_0 = R$ na equação (3.61) e $y - y_0 = 0$ na equação (3.62):

$$R = (v_0 \cos \theta)t : \quad (3.66)$$

$$0 = (v_0 \sin \theta)t - \frac{1}{2}gt^2. \quad (3.67)$$

Em seguida, vamos isolar t na equação (3.67) e substituir na equação (3.66), assim obtemos

$$R = \frac{2v_0^2}{g} \sin(\theta) \cos(\theta).$$

Para simplificar, vamos usar a identidade trigonométrica $\sin(2\theta) = 2 \sin(\theta) \cos(\theta)$, obtemos

$$R = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\theta). \quad (3.68)$$

A equação 3.68 não funciona quando a altura final é diferente da altura de lançamento. Observe que o alcance máximo acontece quando $\sin(2\theta) = 1$, e isso ocorre quando $\theta = 45^\circ$. Para Halliday, Resnick e Walker (2012, p. 71) “o alcance horizontal R é máximo para um ângulo de lançamento de 45° ”. Quando a altura final é diferente da altura de lançamento, como acontece em alguns esportes, por exemplo o basquete, alcance máximo não acontece para o ângulo de 45° .

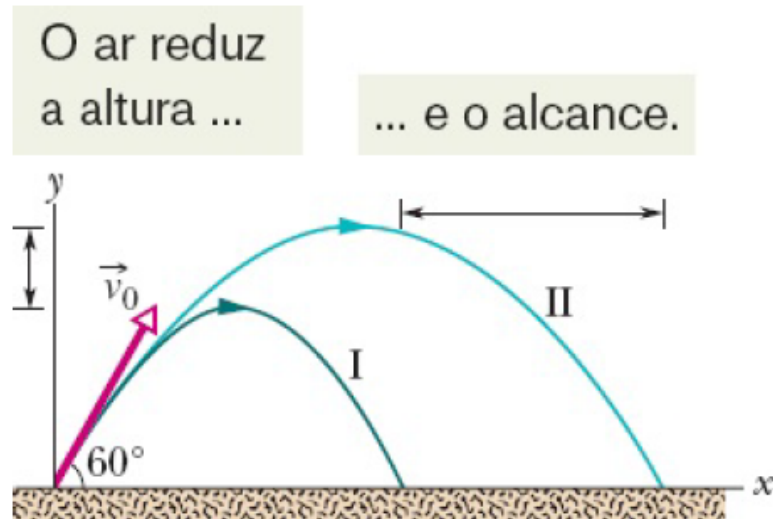
Efeito do ar

Tudo que foi feito até agora partiu do princípio que não existe resistência do ar, ou seja, o movimento acontecia no vácuo. Entretanto, existe uma diferença entre a trajetória de um projétil calculada no vácuo e calculado usando a resistência do ar, por exemplo, na figura 3.17, mostra a trajetória de duas bolas de beisebol, que inciam seu movimento fazendo um ângulo de 45° com o solo, com uma velocidade inicial de 44,7 m/s. A trajetória I, foi calculada usando condições normais de um jogo, levando em consideração a resistência do ar. A trajetória II, foi calculada ignorando a resistência do ar. Observe que em uma situação ideal a bola teve um alcance horizontal R consideravelmente maior que na trajetória II, isso ocorre pelo fato de o ar possuir uma massa que impede a partícula de se movimentar livremente.

Devemos lembrar que nessa dissertação não teremos cálculos usando a resistência do ar, pois esse não é o nosso objetivo. No entanto, caso o leitor se interesse recomendamos a

leitura dos livros: (RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 2007), (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012), (KNIGHT, 2009) e (YOUNG; FREEDMAN, 2008).

Figura 3.17: A figura mostra o lançamento de uma bola de beisebol. A trajetória I leva em conta a resistência do ar. A trajetória II, mostra uma situação ideal, ou seja, ignora a resistência do ar.



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 70).

3.4 MOVIMENTO RELATIVO

Mostrou-se na seção 3.1.1, que trata sobre o sistema de referencial, que o movimento é um conceito relativo e para ser analisado deve-se adotar um referencial a ser escolhido pelo observador. Os observadores podem escolher diferentes referenciais para analisar o mesmo movimento, por exemplo, é comum para um observador que esteja no planeta Terra escolher referenciais que estejam ligados ao planeta e portanto movem-se com ele, mas os astronautas preferem usar como referencial corpos celestes denominados **estrelas fixas**. Para observar o movimento do elétron adota-se como referencial o núcleo do átomo e esta escolha facilita a análise do movimento. Neste sentido é de suma importância saber escolher o melhor referencial para analisar o movimento de um corpo.

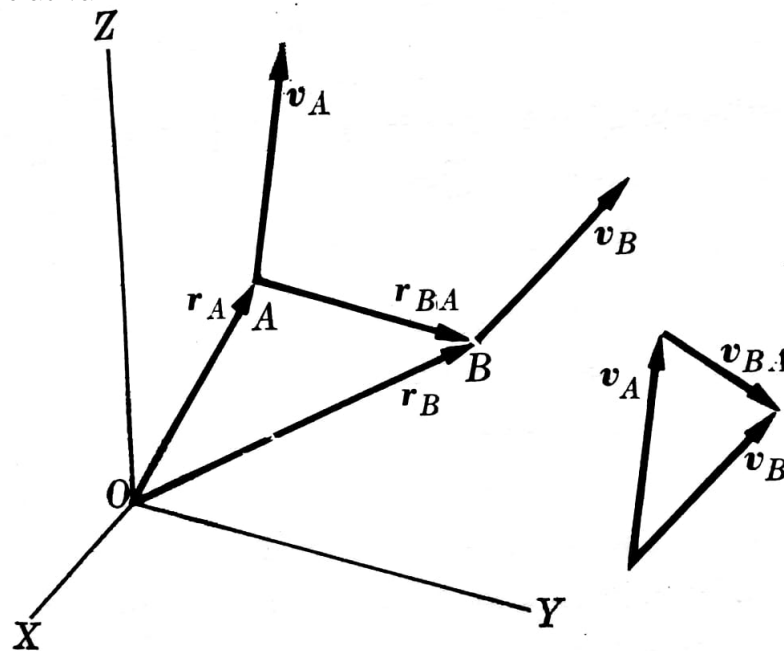
No decorrer dos séculos físicos e filósofos debatiam a possibilidade de encontrar um referencial absoluto em repouso, com relação ao espaço vazio. Ao se reconhecer que o espaço vazio teria uma substância imaginária denominada de **éter**, que naquele momento tinha propriedades contraditórias e difíceis de serem explicadas. O referencial absoluto

foi considerado como sendo em repouso em relação ao éter. Entretanto, tal ideia tornou-se impossível de ser sustentada, visto que no espaço vazio não teria nenhuma elemento para servir de referencial. Nesta seção trataremos a relevante discussão para se definir um referencial absoluto.

3.4.1 Velocidade relativa

Para falarmos sobre a velocidade relativa suponha que existam dois objetos, A e B, e um observador O, que usa os eixos X, Y e Z como um sistema de referencial. O que foi dito pode ser observado na figura 3.18.

Figura 3.18: A imagem mostra dois objetos, A e B, e um observador O. E a definição de velocidade relativa.



Fonte: (ALONSO; FINN, 1972, p. 114).

Observa-se na figura 3.18 que as velocidades de A e B relativas ao observador O, são dadas por:

$$\vec{v}_A = \frac{d\vec{r}_A}{dt}, \quad (3.69)$$

$$\vec{v}_B = \frac{d\vec{r}_B}{dt}. \quad (3.70)$$

A velocidade de A relativa a B, e a de B relativa a A podem ser expressas por:

$$\vec{v}_{AB} = \frac{d\vec{r}_{AB}}{dt}, \quad (3.71)$$

$$\vec{v}_{BA} = \frac{d\vec{r}_{BA}}{dt}. \quad (3.72)$$

Onde o vetor \vec{r}_{AB} é definido por $\vec{r}_A - \vec{r}_B$ e $\vec{r}_{BA} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$. Neste sentido nota-se que, sendo $\vec{r}_{AB} = -\vec{r}_{BA}$, temos:

$$\vec{v}_{AB} = -\vec{v}_{BA}. \quad (3.73)$$

Analisando a equação (3.73) podemos concluir que a velocidade de A relativa a B tem mesmo módulo da velocidade B relativa a A, mas sentido contrário.

Se tomarmos a derivada de $\vec{r}_{AB} = \vec{r}_A - \vec{r}_B$ e $\vec{r}_{BA} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$, e em seguida usamos o conjunto de equações (3.69) e (3.70), e o conjunto de equações (3.73) e (3.71) obteremos a expressão:

$$\vec{v}_{AB} = \vec{v}_A - \vec{v}_B, \quad (3.74)$$

$$\vec{v}_{BA} = \vec{v}_B - \vec{v}_A. \quad (3.75)$$

Em outras palavras, para achar a velocidade relativa entre dois corpos, devemos subtrair suas velocidades ao observador. Derivando ainda a expressão (3.74) ou (3.75), temos:

$$\frac{d\vec{v}_{BA}}{dt} = \frac{d\vec{v}_B}{dt} - \frac{d\vec{v}_A}{dt}, \quad (3.76)$$

O primeiro termo é denominado aceleração de B relativa A, Sendo simbolizada por a_{BA} . No segundo membro as aceleração de B e de A com relação a O . Portanto:

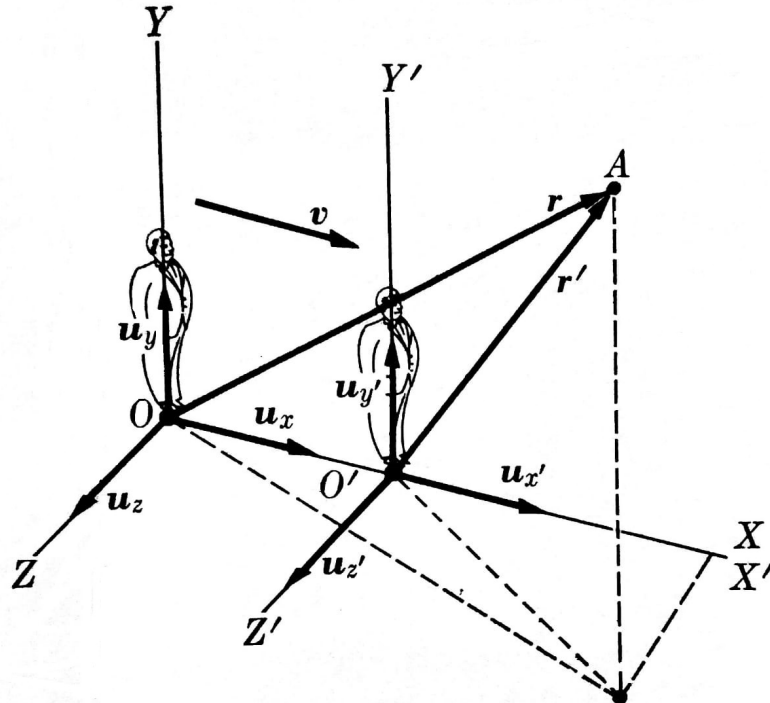
$$a_{BA} = a_B - a_A \text{ e } a_{AB} = a_A - a_B. \quad (3.77)$$

3.4.2 Movimento relativo de translação

Para tratarmos do movimento relativo de translação imaginem que existam dois observadores, O e O' , tal que os dois executam um movimento de translação uniforme, um em relação ao outro. Neste sentido, o observador O enxerga O' deslocando-se com velocidade v , ao mesmo tempo em que o observador O' observa O deslocando-se com velocidade $-v$. Para comparar o movimento descrito por esses observadores de um objeto, por exemplo, quando temos dois observadores, um na plataforma e outro dentro

de um vagão de trem que se move com relação à plataforma de embarque, e observam o voo de um avião.

Figura 3.19: Referencial em movimento relativo de translação uniforme.



Fonte: (ALONSO; FINN, 1972, p. 114).

Escolhemos o sistema X, Y, Z e X', Y', Z' , como podemos observar na imagem (3.19). Admitindo que em $t=0$, O coincide com O' , sendo v a velocidade constante de O' em relação a O , temos:

$$\vec{OO'} = \vec{v}t \text{ e } \vec{v} = u_x \vec{v}. \quad (3.78)$$

Agora suponha que exista um objeto no ponto A , conforme a figura (3.19). Observa-se que o vetor \vec{r}' pode ser expresso por:

$$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{v}t. \quad (3.79)$$

A equação (3.79), que está na sua forma vetorial, pode ser reescrita separadamente em 3 novas equações na forma escalar como:

$$x' = x - vt, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = t. \quad (3.80)$$

O termo $t' = t$ é adicionado para lembrarmos que os dois observadores usam o mesmo

tempo para medir o movimento observado, ou seja a medida de tempo independe do movimento. O tempo ser uma variável independente do movimento observado é algo bastante aceitável apesar de alguns experimentos mostrarem a ideia contraditória. O conjunto de equações (3.80) são chamadas de transformações de Galileu (ALONSO; FINN, 1972).

Para Alonso e Finn (1972) a velocidade \vec{V} em relação a O e \vec{V}' relativa O' é expressa por

$$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{u}_x \frac{dx}{dt} + \vec{u}_y \frac{dy}{dt} + \vec{u}_z \frac{dz}{dt}; \quad (3.81)$$

$$\vec{V}' = \frac{d\vec{r}'}{dt} = \vec{u}_{x'} \frac{dx'}{dt} + \vec{u}_{y'} \frac{dy'}{dt} + \vec{u}_{z'} \frac{dz'}{dt}. \quad (3.82)$$

Observe que como $t = t'$ escrevemos dt ao em vez de dt' na equação (3.82). Para dar continuidade, deriva-se (3.79) com relação ao tempo, como \vec{v} é contante obtém-se:

$$\vec{V}' = \vec{V} - \vec{v}. \quad (3.83)$$

Como $V_x = dx/dt$ e Como $V'_y = dy'/dt$ etc., reescrevemos (3.83), as componentes da velocidade, em três equação separadas

$$V'_{x'} = V_x - v, \quad V'_{y'} = V_y, \quad V'_{z'} = V_z. \quad (3.84)$$

O conjunto de equações (3.83) juntamente com (3.84) são utilizadas como regra Galileana para comparação de velocidade de um objeto medido por dois observadores em posições diferentes que estejam em movimento relativo de translação. Por exemplo, quando temos um movimento no ponto A paralelo ao eixo OX , temos:

$$V' = V - v, \quad (3.85)$$

Entretanto, se o movimento iniciado em A é paralelo ao eixo OY , obtemos:

$$V' = \sqrt{V^2 + v^2}. \quad (3.86)$$

No que se trata sobre as acelerações relativas do objeto no ponto A relativas a O e O' , elas podem ser expressas por:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} \text{ e } \vec{a}' = \frac{d\vec{V}'}{dt}, \quad (3.87)$$

observe que, outra vez escrevemos apenas dt ao em vez de dt' em (3.87), isso decorre do fato de $t = t'$. Ao derivarmos a (3.83), lembrando que \vec{v} é constante, obtemos a igualdade:

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d\vec{V}'}{dt} \Rightarrow \vec{a} = \vec{a}'. \quad (3.88)$$

A equação (3.89) também pode ser expressa por meio de suas componentes, ficando na forma

$$a'_x = a_x, \quad a'_y = a_y, \quad a'_z = a_z. \quad (3.89)$$

A expressão (3.89) mostra que ambos os observadores indicam a mesma aceleração ao fazer as medições, ou seja, a aceleração de uma partícula permanece a mesma para os observadores em um movimento de translação uniforme (ALONSO; FINN, 1972). A aceleração é uma grandeza invariante mesmo quando trocamos de referencial e este resultado tem grande influência nas formulações das leis da Física.

3.4.3 A transformação de Lorentz

Ao final do século XIX, muitos dos físicos ainda acreditavam na existência do éter. Em vista disso, vários físicos investigavam a respeito da influência do éter no movimento dos corpos e como a luz era afetada ao atravessar tal substância. No início a ideia mais aceita era que as vibrações do éter estavam interligadas com a luz, assim como a vibração do ar está interligado ao movimento do som.

Sabia-se que a velocidade da luz, para um éter estacionário, era dada por $c = 2,9979 \times 10^8 m \cdot s^{-1}$. Porém se a Terra movimenta-se através do éter sua velocidade dependeria da direção de propagação, por exemplo, para um raio de luz que é propagado na mesma direção do movimento da Terra, a velocidade relativa da luz é dada por $c - v$. Entretanto, se o raio de luz está na direção oposta ao movimento da terra sua velocidade é $c + v$.

Os americanos Michelson e Morley, em 1881, realizaram vários experimentos em busca de medir a velocidade relativa da luz em relação a Terra em diferentes direções. Para seu espanto, ao finalizarem os resultados dos experimentos chegaram a conclusão de que a velocidade da luz era a mesma em todas as direções.

O resultado experimental de Michelson e Morley não estava de acordo com as transformações de Galileu, pois as equações mostravam que um corpo não podia ter a mesma velocidade relativa para diferentes referenciais em um movimento de translação relativo, isso porque a velocidade relativa depende da direção de movimento do observador.

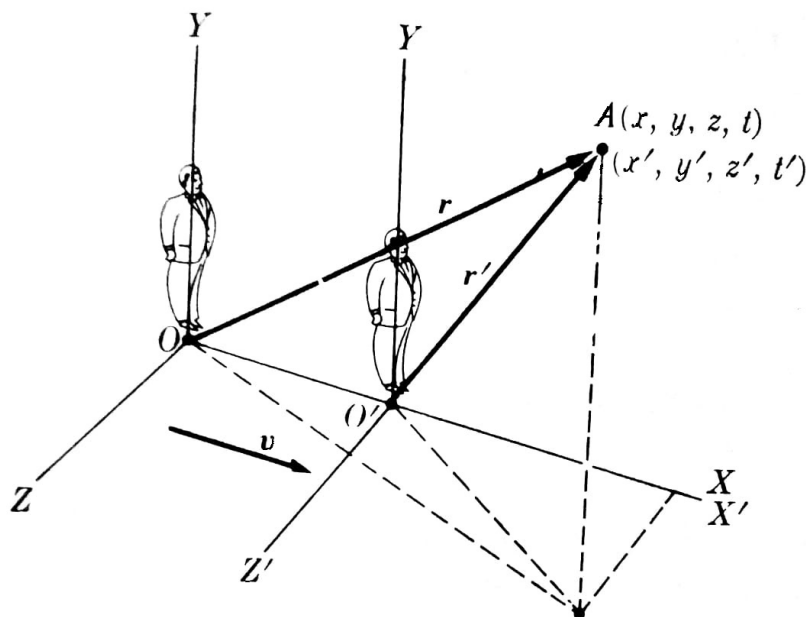
Muitas foram as teorias que tentaram explicar o resultado das experiências de Michelson e Morley, dentre elas, a que a Terra arrastaria o éter junto com ela. Porém se isso realmente fosse verdade, o mesmo resultado seria observado em outros fenômenos físicos relacionados a propagação da luz, e como isso nunca foi observado, a ideia do éter foi abandonada.

Em 1905, Einstein conseguiu explicar o resultado experimental quando enunciou o princípio da relatividade “*todas as leis da natureza devem ser as mesmas (i. e., devem permanecer invariantes) para todos os observadores em movimento relativo de translação*” (ALONSO; FINN, 1972, p. 129). Einstein considerou a velocidade da luz como uma grandeza invariante, tal ideia surgiu com a aplicação da relatividade no Eletromagnetismo.

Ao aceitar a luz como uma grandeza invariante, Einstein admite que as transformações de Galileu poderiam estar erradas, em especial a equação $t' = t$, como a velocidade é medida pela razão entre a distância e o tempo, talvez o ajuste deva acontecer no tempo ou na distância, para que a velocidade seja invariante em um movimento relativo, como acontece no caso da velocidade da luz. Isto é, o intervalo de tempo medido para os dois acontecimentos não são o mesmo. Em outras palavras, precisamos substituir as transformações de Galileu por outra mais apropriada.

Assim como anteriormente vamos supor que os observadores O e O' estejam em movimento com velocidade relativa v . Onde os eixos X e X' estejam na mesma direção do movimento relativo dos dois observadores e que os eixos YZ e $Y'Z'$ sejam paralelos, tudo isso pode ser notado na figura 3.20. Imaginando também que ao iniciar a medição do tempo os dois relógios marcam $t = t' = 0$.

Figura 3.20: Dois referenciais em movimento relativo de translação uniforme



Fonte: (ALONSO; FINN, 1972, p. 117).

Imagine que em $t = 0$ um raio de luz parte de uma posição comum aos dois observadores, e com o passar do tempo t , o observador O notará que a luz está no ponto A . Nessas condições r pode ser expresso com $\vec{r} = ct$, onde c é a velocidade da luz, e o quadrado de r é dado por:

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2, \quad (3.90)$$

assim, temos:

$$x^2 + y^2 + z^2 = (c^2 t^2). \quad (3.91)$$

Do mesmo modo o observador O' enxerga o raio de luz atingir o mesmo ponto A em um intervalo de tempo t' , com velocidade contante c . De maneira análoga temos $\vec{r}' = ct'$ ou

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = (c^2 t'^2). \quad (3.92)$$

Para relacionar (3.91) e (3.4.3), note que a simetria do problema exige que $y' = y$ e $z' = z$, para isso lembre que $\vec{OO}' = vt$, desta maneira deve-se ter $x = vt$ para $x' = 0$.

Sendo assim, temos a seguinte relação $x' = k(x - vt)$, onde k é uma constante a ser determinada. Analogamente temos $t' = a(t - bx)$, onde novamente temos duas novas constantes, a e b , para serem encontradas. Nas transformações de Galileu temos $k = a = 1$ e $b = 0$. Fazendo as devidas substituições na equação (3.4.3), temos:

$$k^2(x^2 - 2vxt + v^2t^2) + y^2 + z^2 = c^2a^2(t^2 - 2bxt + b^2x^2), \quad (3.93)$$

também podendo ser expresso, como:

$$(k^2 - b^2a^2c^2)x^2 - 2(k^2v - ba^2c^2)xt + y^2 + z^2 = (a^2 + k^2v^2/c^2)c^2t^2. \quad (3.94)$$

O resultado deve ser idêntico ao da equação (3.91), portanto

$$k^2 - b^2a^2c^2 = 1, \quad k^2v - ba^2c^2 = 0, \quad a^2 + k^2v^2/c^2 = 1.$$

Resolvendo o sistema, temos:

$$k = a = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \text{ e } b = \frac{v}{c^2} \quad (3.95)$$

A nova transformação compatível com a invariância da velocidade da luz é dada por:

$$x' = k(x - vt) = \frac{x - vt}{1 - v^2/c^2},$$

$$y' = y,$$

$$z' = z, \quad (3.96)$$

$$t' = k(t - bx) = \frac{t - vx/c^2}{1 - v^2/c^2}.$$

O conjunto de equações (3.96) é denominada de *transformações de Lorentz* e recebem esse nome em homenagem ao físico Hendrik Lorentz, nascido na Holanda. Foi o primeiro a deduzir as transformações por volta de 1890, em conexão com os problemas de Eletromagnetismo.

Em comparação com a velocidade da luz as velocidades executadas na Terra são muito baixas, sendo assim a razão v/c é muito pequena, chegando a ser desprezível, assim o valor de k é 1, e retornamos as Transformações de Galileu. Portanto, não há diferença entre usar as transformações de Galileu ou de Lorentz, De modo que seja mais

prático usar a de Galileu para velocidades baixas.

Em altas velocidades como no estudos de elétrons, átomos ou raios cósmicos usam-se as transformações de Lorentz, pois v/c já não é mais desprezível. Embora, na maioria dos casos o valor do resultado numérico seja semelhante as transformações de Lorentz representam uma mudança de conceito muito profunda na área da Física.

3.4.4 Consequências das transformações de Lorentz

Contração do comprimento: Ao medir o comprimento devemos calcular a distância entre os extremos do objeto. Porém, para se medir o comprimento de um objeto que move-se em movimento relativo, os extremos devem ser medidos simultaneamente, por exemplo, uma barra que esteja em repouso relativo a O' e paralela ao eixo $O'X'$, com seus extremos a e b . Ao medir o comprimento em relação a O devemos obter $L' = x'_b - x'_a$, a simultaneidade não é obrigatória para O' , isso porque a barra está em repouso. No entanto, para um observador O que observa a barra em movimento, o cálculo do comprimento deve ser feito simultaneamente, no instante t , obtendo-se $L = x_b - x_a$. Das transformações de Lorentz temos:

$$x'_a = \frac{x_a - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

$$x'_b = \frac{x_b - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Note que t é o mesmo para as duas expressões. Fazendo a subtração obtém-se:

$$x'_b - x'_a = \frac{x_b - x_a}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \text{ ou } L' = \sqrt{1 - v^2/c^2} L. \quad (3.97)$$

Observe que o fator $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ é menor que 1, sendo assim neste caso temos que L é menor que L' , ou seja, o observador que enxerga a barra se mover, O , mede um comprimento menor que o observador que ver a barra em repouso, O' . Em outras palavras, o observador que ver a barra em movimento enxerga a barra mais curta,

$$L_{\text{movimento}} < L_{\text{repouso}}.$$

Dilatação do tempo: O intervalo de tempo pode ser expresso como a diferença entre dois eventos medido por um observador. O evento é uma ocorrência específica que

acontece em algum lugar do espaço, no instante t , por exemplo, quando um pêndulo realiza um movimento alcançando seu ponto mais alto, temos um evento, depois de um certo tempo, o mesmo pêndulo voltará a atingir o ponto mais alto, assim temos o segundo evento. Neste contexto, a duração de tempo entre esses dois eventos é denominado de *Intervalo de tempo*.

Suponha que esteja acontecendo dois eventos no mesmo ponto x' relativo ao observador O' . O intervalo de tempo entre esses dois eventos pode ser medido como $T' = t'_b - t'_a$. O observador O move-se com velocidade v , em relação a O' , no sentido positivo do eixo X e seu intervalo de tempo é medido por $T = t_b - t_a$. Afim de encontrar uma relação entre o tempo de duração dos dois eventos, encontrado pelos dois observadores, aplicaremos as transformações de Lorentz inversas:

$$t_a = \frac{t'_a + vx'/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad t_b = \frac{t'_b + vx'/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Observe que escrevemos o mesmo x' em ambas as equações, isso decorre do fato de os dois eventos ocorrem no mesmo local. Fazendo a subtração encontramos:

$$t_b - t_a = \frac{t'_b - t'_a}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad \text{ou} \quad T = \frac{T'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad (3.98)$$

Como T' é o intervalo de tempo medido por O' e T é o intervalo de tempo medido por O . E lembrando que, T' está em repouso e T está em movimento ambos em relação ao ponto X que representa o local no espaço onde o evento está acontecendo. A equação (3.98) indica que T é maior que T' , Isso por que o fator $1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ é maior que 1 quando v tem velocidade baixa, iguais as velocidade encontrados na Terra. Em outras palavras, “ *quando os processos ocorrem em um corpo em movimento relativo ao observador eles percebem ter uma duração maior do que quando eles ocorrem em um corpo em repouso relativo ao observador.* ” (ALONSO; FINN, 1972, p. 136), Ou seja

$$T_{\text{movimento}} > T_{\text{repouso}}. \quad (3.99)$$

Capítulo 4

METODOLOGIA

A aplicação do projeto deverá ser realizada com duas turmas do 9º ano do ensino fundamental II, em uma escola pública municipal da cidade Itacoatiara, interior do Amazonas. A primeira turma, denominada por 9º ano A, contém 35 alunos e as aulas eram realizadas pela parte de manhã. A segunda turma, chama-se 9º ano B, havia 33 alunos e suas aulas eram realizadas à tarde.

A aplicação do projeto será realizada dentro da disciplina de Ciências e foi usada como nota avaliativa para o 1º bimestre de 2021. A disciplina é ofertada duas vezes por semana, para o 9º ano toda terça e quinta e para o 9º ano B quinta e sexta-feira, cada tempo de aula tem duração de 50 minutos.

Ao todo serão ministradas 7 aulas, com duração de 50 minutos cada. O material utilizado para ministrar as aulas foram quadro branco, pincel, datashow e foi elaborado três experimentos com roteiro, elaborados pelo próprio autor da dissertação, para aplicação do projeto. Durante as aulas foram realizados avaliações para diagnosticar o conhecimento prévio do estudante a cerca do assunto abordado, avaliações formativas para estimular a participação do estudante durante as aulas e coletar as dúvidas que surgiram no processo de aprendizagem. Também foi aplicado relatórios de experimento como forma de avaliação somativa afim de medir o desenvolvimento do estudando processo de ensino-aprendizagem.

O produto educacional intitulado “Uma proposta de sequência didática para o ensino de cinemática utilizando experimentos” – traz como assunto a cinemática em uma sequência didática com o uso de experimentos. No entanto, o produto educacional proposto não pôde ser aplicado no ensino básico como previsto inicialmente. A aplicação do

produto educacional estava prevista para ano de 2021, em uma escola de ensino básico do município de Itacoatiara. A aplicação aconteceria de forma presencial, onde todos os experimentos e a sequência didática estavam prontas faltando apenas a aplicação. Entretanto, no início de 2021, houve a segunda onda da Covid-19 e o governo do estado do Amazonas anunciou a portaria GS N° 483, de 20 de maio de 2021, que:

Mantém o Regime Especial de Aulas Não Presenciais e Institui Orientações Educacionais para a Realização de Aulas e Atividades Pedagógicas Presenciais e Não Presenciais para o ano escolar de 2021, no contexto da pandemia e dá outras providências

A portaria n° 483, proíbe o retorno das aulas presenciais em todo o Amazonas por causa da segunda onda da Covid-19, e ainda afirma em seu Artigo 1:

Art. 1º. MANTER, enquanto perdurar a pandemia, no âmbito da Rede de Ensino Estadual do Amazonas, o Regime Especial de Aulas Não Presenciais nos níveis, etapas e modalidades da Educação Básica, instituído pela Portaria GS n° 311, de 20/03/2020.

Como a priori o produto educacional seria aplicado na aula presencial, pois todos os experimentos e sequência didática estavam prontos faltando apenas aplicação, tivemos a necessidade de flexibilizar a aplicação do produto. Em vista da pandemia da Covid-19, acreditamos que a aplicação do produto, em aulas presenciais, poderia pôr em risco a vida das crianças, pais e avós, devido a forma como o vírus se multiplica. Sendo assim, houve a necessidade de uma readequação na forma de avaliar o produto educacional.

Para a readequação da nova forma de avaliação do produto educacional levamos em conta a resolução n° 01, de 03 de Junho de 2020, Artigo 4º, § 4º, do MNPEF/CPG, que diz:

§ 4º A aplicação do produto educacional, poderá ser flexibilizada, ocorrendo, por exemplo, de forma remota, em situações de ensino destinadas a formação docente inicial ou continuada (cursos de licenciatura, grupos de egressos do mestrado, minicursos, oficinas, etc.).

Amparados pela resolução n° 01, de 03 de Junho de 2020, Artigo 4º, § 4º flexibilizamos a aplicação do produto educacional. Considerando que a aplicação do produto, no ensino básico, possuía como finalidade coletar dados para fazer a avaliação do produto educacional, e que a aplicação foi flexibilizada, escolhemos outra forma para fazer a avaliação do produto. Nesse formato, o produto educacional foi avaliado por professores de ensino básico, onde esses professores testaram os experimentos e avaliaram o produto educacional. Após fazer essa análise os professores escreveram um parecer sobre

a avaliação do produto educacional, essa avaliação foi usada como dados para fazer uma análise do produto pelo próprio autor.

Considerou-se como critérios de avaliação do produto, a viabilidade de aplicação do produto, a adequação de linguagem, o nível de adequação do conteúdo e a contribuição deste para o processo de ensino/aprendizagem de Cinemática. Além destes, também se considerou como critérios de avaliação secundários, a ludicidade presente nas atividades propostas e a didática de aplicação do produto em sala de aula.

É importante salientar que tal flexibilização ocorreu apenas por conta da pandemia da covid-19 que paralisou as aulas presenciais, tornando inviável a aplicação do produto educacional com os estudantes. Supondo que essa pandemia não tivesse acontecido iríamos seguir o curso normal que é aplicar no ensino básico, coletar dados com os alunos e fazer a análise desses dados. Como sou aluno bolsista e tenho um certo tempo para poder concluir o mestrado não posso esperar a pandemia acabar para poder aplicar o produto. Neste sentido, escolhemos essa forma de avaliação do produto, pois acreditamos que é a forma mais segura para todos.

Dessa forma, conscientes dos riscos que a Covid-19 representa, e seguindo as orientações da Organização Mundial da Saúde e do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, optou-se por mudar a forma de avaliação do produto educacional e não aplicar no ensino básico. Assim, tal decisão evita colocar em risco a vida de professores e alunos, visto que a vida é o bem mais precioso que podemos ter.

4.1 O planejamento das aulas (ou sequência didática)

Aula 1

Objetivo: Apresentação do projeto e teste diagnóstico.

Procedimento didático: Na primeira aula será apresentado o projeto para a turma. Essa apresentação terá em média 10 minutos e haverá um tempo de 10 minutos para responder qualquer eventual dúvida que o estudante venha adquirir. Em seguida, será aplicado um teste diagnóstico com 10 questões, com duração máxima de 30 minutos.

Aplicar-se-á o teste diagnóstico com o objetivo de colher dados sobre o conhecimento prévio dos alunos, de forma que, baseados nesses dados, possamos elaborar as aulas da nossa sequência didática. O teste será composto por 10 questões, sendo as questões de 1

a 5 para identificar o nível de afinidade dos alunos com a disciplina, e as questões de 6 a 10 para sondagem do conhecimento prévio sobre cinemática.

Aula 2

Objetivo: Apresentar os conceitos de posição, deslocamento, ponto material, trajetória e referencial. Além de, apresentar a diferença entre velocidade média e instantânea, a função horária do movimento.

Procedimento didático: A segunda aula compreenderá um tempo máximo de 50 minutos.

No primeiro momento serão abordados os conceitos de ponto material, posição, tempo, trajetória, referencial e deslocamento, visto que tais conceitos básicos são essenciais para compreender o estudo de movimento. Em seguida, os estudantes serão divididos em grupos de cinco componentes para discutirmos um exercício que será passado por slide. A aula sobre os conceitos físicos e a atividade compreenderão os slides de 1 a 7.

Posteriormente, nos slides de 8 a 17, serão abordadas as definições de velocidade média, velocidade média instantânea, função horária da velocidade e movimento retilíneo uniforme. Em seguida, serão propostos aos estudantes três exercícios para resolução em grupo. Todas as atividades deverão ser trabalhadas em grupos afim de promover a interação entre os estudantes e o professor, e mediar o avanço da aprendizagem dos alunos.

Aula 3

Objetivo: Trabalhar os conceitos da aula 1 e 2 através de uma aula experimental, na qual serão apresentados outros conceitos matemáticos como o de transformação de unidade, gradezas diretas e inversamente proporcionais.

Procedimento didático: A aula 3, será uma aula experimental, ou seja, aplicaremos o experimento 1 anexado no produto educacional.

Na aula experimental, a ser realizada na quadra da escola, será proposto aos alunos que calculem a sua própria velocidade média através de uma corrida. Esta atividade será realizada em grupos de cinco componentes, e após a execução do experimento os alunos deverão preencher o relatório de atividades proposto pelo professor. Esse relatório deve

servir de base para a avaliação do aluno no decorrer desta aula.

Aula 4

Objetivo: Compreender os conceitos de aceleração média e instantânea, bem como apresentar as equações da função horária da velocidade, da posição e de Torricelli e sobre o movimento relativo. Além de identificar tais conceitos em situações do cotidiano.

Procedimento didático: O Tempo máximo para esta aula é de 50 minutos. Iniciaremos a aula com o conceito de aceleração, onde apresentaremos sua definição matemática e trataremos de apresentar a diferença entre aceleração média e instantânea. Nessa mesma aula, vamos utilizar situações do cotidiano, como o trânsito, para exemplificar os conceitos abordados.

Posteriormente, abordaremos as equações de movimento retilíneo uniformemente variado (MUV), função horária da velocidade, da posição, equação de Torricelli e sobre movimento relativo. Em seguida, vamos trabalhar os conceitos de movimento com aceleração nula, retardada e progressiva através de gráficos.

Para essa aula utilizaremos os slides 18 a 29, e ressaltamos que os alunos serão avaliados de acordo com seus desempenhos nas atividades propostas.

Aula 5

Objetivo: Reforçar os conceitos da aula 4, através do cálculo da aceleração e da velocidade de uma bola de Gude. Pretende-se fazer com que os alunos observem um exemplo real onde a aceleração é aproximadamente constante.

Procedimento didático: A duração da aula 5 é de 50 minutos. Esta aula constitui uma atividade experimental realizada em grupos de 5 componentes.

O professor deve separar os grupos de maneira que os alunos que tenham se destacado na aula 4 fiquem em grupos diferentes. A proposta visa dar equilíbrio nos grupos, de forma que os alunos que compreenderam melhor o assunto anterior possam auxiliar seus colegas de grupo.

O experimento consiste em calcular a aceleração de uma bola de gude que desce uma rampa, para isso basta preencher a tabela que é pedida na atividade experimental. A atividade experimental servirá de base para medir o desenvolvimento dos estudantes. É importante ressaltar, que antes de iniciar o experimento, o professor deve ler com a

atenção o relatório de atividade experimental e orientar os alunos para esclarecer possíveis dúvidas, mas sempre lembrando que o aluno deve procurar suas resposta com autonomia.

Aula 6

Objetivo: Compreender os conceitos de lançamento vertical, lançamento oblíquo e lançamento horizontal, e compreender a relação dessas grandezas com o lançamento de projéteis. Além de explicar as relações físicas e matemáticas presentes em lançamento de projéteis.

Procedimento didático: A aula 6, envolve os conceitos relacionados com o movimento de um projétil. Antes de iniciar a aula teórica, o professor deve fazer uma breve exposição do assunto e apresentar exemplos do dia a dia que envolvem esses conceitos como jogos de basquete, futebol e lançamentos de bombas por aviões. Estes exemplos proporcionarão um ambiente de participação para os alunos. O professor em seguida deve convidar os estudantes a apresentarem outros exemplos sobre o assunto.

Em seguida, será abordado o conceito de movimento vertical para cima e o de queda livre, com ênfase nas histórias de Galileu e Aristóteles, mostrando as principais equações e o papel que a gravidade exerce nesse tipo de movimento.

Posteriormente, o professor deve trabalhar as definições dos conceitos de lançamento oblíquo, começando pelo princípio de Galileu e depois uma pequena introdução sobre decomposição da velocidade inicial, movimentos horizontais e verticais do lançamento oblíquo.

Para finalizar a aula, deverá ser discutido sobre as características do lançamento horizontal e proposto três exercícios com os alunos, conforme o slide. Os slides para a aula seis estão compreendidos entre os slides 30 ao 46.

Aula 7

Objetivo: Ao término desta aula espera-se que o aluno seja capaz associar um ângulo com a distância máxima atingida por um projétil lançado obliquamente sobre ação única da força da gravidade, bem como determinar a altura máxima atingida pelo projétil após o lançamento. Além disso, busca-se conceituar um movimento oblíquo, analisando as variáveis físicas envolvidas e estimando o alcance de um projétil.

Procedimento didático: A Aula 7, terá um tempo máximo de 50 minutos. Pro-

temos uma aula de atividade experimental realizada com grupos de cinco componentes. O professor deve dividir os grupos de forma que os alunos que tenham se destacado na aula 6 fiquem separados, e auxiliem os alunos com destaque menor. As dúvidas que eles não puderem responder deverão ser sanadas pelo professor.

O professor deve ler o roteiro de atividades 3, antes da aplicação, para evitar quaisquer transtornos no momento de realizar as atividades. A atividade experimental consiste em obter o ângulo para o alcance máximo. Deverá ser calculado o alcance e a velocidade inicial de uma bola de gude. Todos os detalhes para a realização da atividade estão no roteiro de atividades 3.

Assim como nas outras atividades o roteiro deverá servir de base para medir o avanço dos alunos com o assunto de lançamento de projétil.

4.2 FASES DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

4.2.1 Descrição da Aula 1

A primeira aula, começa com uma conversa inicial entre professor e sua classe para explicar os objetivos do projeto e dizer que eles deverão, em todas as aulas, formar grupos de cinco componentes. Durante a explicação podem surgir algumas perguntas, tais como:

1. Professor, todo mundo terá que participar?
2. Vai valer nota?
3. Professor, eu posso formar meu grupo?

Diante de tais perguntas, recomenda-se ao professor que esclareça aos alunos que a atividade realizada não será obrigatória, mas que somará nota no primeiro bimestre aos participantes voluntários. Com relação aos grupos, os mesmos deverão ser formados pelo professor, com vistas no equilíbrio da turma”.

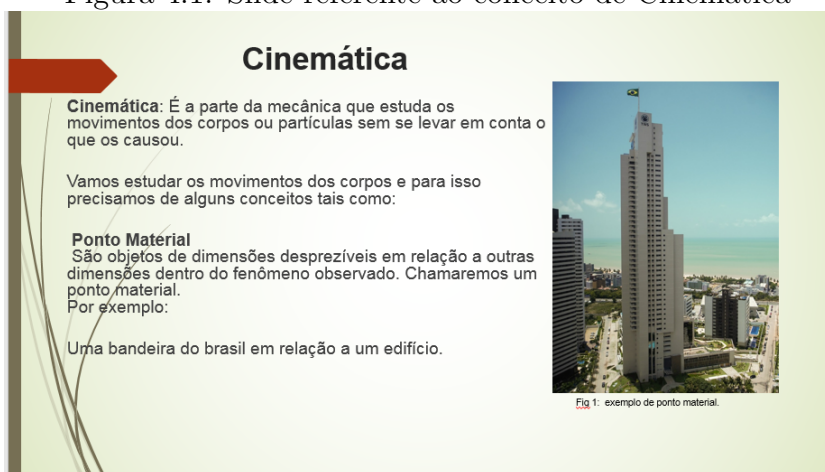
Após a conversa inicial, o professor deverá aplicar o teste para avaliar o conhecimento prévio dos estudantes. Nessa aplicação deve-se ler em voz alta todas as questões junto com o aluno e tirar qualquer dúvida a respeito das questões, isso não significa que vamos responder, apenas ajudar na hora de interpretar as questões.

A aplicação dos testes servirá como base para a elaboração das próximas atividades, por isso, o professor deverá analisar cada teste antes da segunda aula, com o objetivo de conhecer o perfil e as necessidades da turma.

4.2.2 Descrição da Aula 2

Na segunda aula, com o auxílio do data-show e de slides de apresentação, iniciaremos uma aula teórica de Física. O Primeiro conceito a ser abordado é o de Cinemática como podemos observar na foto 4.1.

Figura 4.1: Slide referente ao conceito de Cinemática



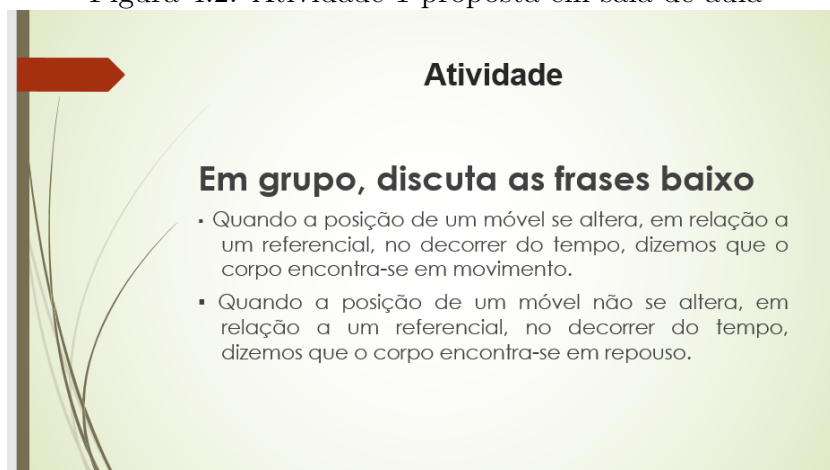
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em seguida, abordaremos o conceito de ponto material, conforme a figura 4.1. Nos slides 2,3,4,5,6 e 7 trataremos dos conceitos de corpo extenso, trajetória, referencial e deslocamento, respectivamente. É importante que o professor, além dos exemplos que há no slide, solicite aos estudantes que também dê outros exemplos que fazem parte do seu cotidiano, com isso promoveremos a interação entre professor e estudante, além de ter uma resposta de como o aluno está compreendendo o assunto.

Após a explicação dos conceitos, será proposta uma atividade para os alunos discutirem em grupo, essa atividade pode ser vista na figura 4.2. Nela os estudantes deverão refletir o que foi estudado em sala de aula sobre referencial móvel, corpos em repouso e movimento. É devesas importante que o professor deixe os grupos articularem sua resposta por conta própria. Depois, após elaborarem suas respostas, iniciaremos uma discussão curta a respeito dela.

Nessa discussão o professor poderá interferir, afim de induzir uma melhor resposta para todos os grupos. Esse método, promove uma interação entre os estudantes que terão um momento para refletir sobre o que foi estudado em sala de aula. Mas é importante lembrar que, este momento não pode levar todo o tempo da aula, assim estipulamos um tempo de 10 minutos para esta atividade.

Figura 4.2: Atividade 1 proposta em sala de aula



Atividade

Em grupo, discuta as frases baixo

- Quando a posição de um móvel se altera, em relação a um referencial, no decorrer do tempo, dizemos que o corpo encontra-se em movimento.
- Quando a posição de um móvel não se altera, em relação a um referencial, no decorrer do tempo, dizemos que o corpo encontra-se em repouso.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A seguir, apresentamos os conceitos e definições de velocidade média e instantânea (slide 9 até 10). Antes de apresentarmos é importante que o professor possa perguntar dos alunos sobre o que lhes vem a mente quando eles ouvem a palavra velocidade. É normal que eles associem com a palavra rapidez, sendo assim devemos usá-la para orientar a aula.

Em seguida, apresentaremos a equação horária para um movimento uniforme e faremos três exercícios em sala de aula. Essa atividade constitui os slides 13 à 15, e deverá ser feita no caderno do estudante como um exercício individual.

Figura 4.3: slide sobre os tipos de movimento retilíneo uniforme



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Conforme mostra a figura 4.3, o último tópico da aula será sobre tipos de movimentos uniforme. Nela será comentado sobre o movimento progressivo e retrógrado. É importante salientar que, apesar do slide para orientar a aula, o professor deverá ter pleno domínio sobre o assunto. Essa aula terá duração de 50 minutos.

4.2.3 Descrição da Aula 3

A aula três é uma aula experimental que vai ser realizada na quadra do colégio. Para orientação da aula, foi preparado um roteiro de atividade experimental que conta com o nome do experimento, o objetivo, os passos procedimentais e as atividades propostas para serem desenvolvidas na aula. Nesse experimento os alunos deverão realizar os devidos procedimentos:

1. Realizar o experimento em grupo de 5 componentes.
2. Usar a trena para medir uma distância de 30 metros no chão da quadra, marcar com um giz o ponto inicial e o ponto final (chegada) da corrida.
3. Dois alunos ficam com a faixa de TNT no ponto de chegada e com o cronômetro.
4. Um dos alunos vai ser usado como corredor. Assim que ele ouvir o grito de “já” ele deverá percorrer a pista de corrida feita com giz.
5. O aluno que estiver segurando o cronômetro deverá marcar o tempo percorrido e assim que o outro aluno tocar a faixa de chegada, o cronômetro deverá ser parado.
6. O tempo deve ser anotado na tabela abaixo.
7. Todos os alunos devem correr, para obterem suas velocidades médias.

Após a realização dos procedimentos, os estudantes deverão realizar as atividades propostas no roteiro do experimento. Na questão 1, deverão preencher a tabela, anotando a distância percorrida e o tempo gasto na corrida. Em seguida, deverão calcular sua velocidade média e trocar informações com sua equipe para poder concluir o preenchimento da tabela. Tudo o que foi falado pode ser visto na foto 4.4.

Figura 4.4: Foto da tabela de exercício Q1.1 do produto educacional.

Tabela 1: Tabela de exercício Q1.1

Aluno	Distância (Δs)(m)	Tempo de corrida(s)	Velocidade média (m/s)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Na questão 2, o estudante deverá analisar a tabela da figura 4.4 e dizer qual dos alunos obteve o menor tempo de corrida e em seguida montar uma equação horária da velocidade para o movimento uniformemente variado, tanto para ele quanto para o aluno que obteve o melhor tempo. Após, deverão usar as equações horárias da velocidade para determinar o tempo gasto em 10 minutos de corrida.

Essa questão tem como característica principal fazer com que o estudante aprenda a manipular as equações de movimento retilíneo uniforme. E o fato dele está usando sua própria velocidade torna a aula mais interessante e motivacional.

Na questão 3, é pedido para que o estudante transforme sua velocidade média em quilometro por hora (Km/h) e depois calcule o tempo gasto caso o mesmo resolvesse ir correndo da cidade de itacoatiara-Am até a capital manaus, que fica a uma distância de 270 Km .

Nesse exercício, trabalhamos com algo muito interessante da experimentação que é a previsão de resultado. O estudante não precisaria ir correndo até a capital manaus para saber o tempo gasto em uma corrida até lá. É claro que o professor deverá orientar o estudante que nessa situação hipotética o estudante não deverá parar, ou seja, se trata de uma corrida contínua.

Na questão 4, o estudante deverá buscar estabelecer uma relação de proporcionalidade entre as grandezas Δt e v . Para que isso aconteça o professor deverá explicar rapidamente

sobre as grandezas direta e inversamente proporcionais e pedir para o aluno analisar a tabela 1, que corresponde a figura 4.4.

Nessa questão procuramos trabalhar as relações de proporcionalidade que existem nas grandezas físicas Δt , Δx e v , pois acreditamos que o ensino de cinemática é uma ótima ferramenta para trabalhar grandezas diretamente proporcionais.

Na questão 5, será uma atividade de pesquisa, na qual os estudantes deverão fazer uma pesquisa sobre o homem e a mulher mais rápidos do mundo e comparar seus tempos de corrida com a dos atletas.

Essa atividade, possui como objetivo gerar entretenimento para as crianças, pois ao comparar sua velocidade com a velocidade da pessoa mais rápida do mundo, elas terão a consciência de como os atletas de esporte de alto rendimento do atletismo são extremamente velozes.

Para finalizar, na atividade 6 os estudantes deverão fazer uma pesquisa a respeito dos animais terrestres, aquáticos e aéreos que possuem maior velocidade média, para também comparar com as suas velocidades.

Esse exercício de pesquisa deve gerar interatividade e entretenimento aos estudantes que perceberem que em uma possível situação, ao serem perseguidos por um desses animais, não conseguiriam escapar destes.

4.2.4 Descrição da Aula 4

A aula 4 será uma aula teórica. Nesta aula vamos começar falando de movimento uniformemente variado, para isso preparamos um slide com o assunto. Primeiro, vamos definir o que é um movimento uniformemente variado, isso pode ser observado no slide que a imagem 4.5 mostra.

Figura 4.5: Slide sobre movimento uniformemente variado

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

É importante que o professor possa associar esse conhecimento ao cotidiano do aluno, sendo assim, deixamos a dica de usar a aceleração dos carros para exemplificar o slide.

Nos slides seguintes (22, 23 e 24) abordamos a aceleração média e instantânea. A intenção nessa parte da aula é fazer como que o estudante possa perceber a diferença

entre as duas acelerações, para isso, usamos como exemplo o velocímetro de um carro que mede a velocidade a cada instante de tempo, para exemplificar a velocidade instantânea.

Em seguida, tratamos de falar sobre os tipos de movimento: acelerado e retardado. Essa aula está nos slides 25 e 26. Nesse ponto de partida estamos interessados, além de mostrar os dois tipos de movimento, em demonstrar para o estudante que nem sempre a aceleração vai estar ligada ao aumento da velocidade e que quando a aceleração é negativa o carro muda de velocidade, mas ele perde velocidade em vez de ganhar.

Por fim apresentaremos as equações de movimentos para movimentos retilíneos acelerados, do slide 27 ao 32, vamos passar alguns exercícios com o intuito de fazer com que os estudantes aprendam a manipular as equações de movimento retilinear.

Ressaltamos que essa aula servirá de base para a próxima aula que envolve um experimento de aceleração. Sendo assim a aula 4, é uma aula para expor o conteúdo necessário para a aula experimental.

4.2.5 Descrição da Aula 5

Na aula 5, vamos realizar a execução de um experimento de aceleração média. Esse experimento encontra-se na foto 4.6. Para realizar essa atividade experimental foi elaborado um roteiro que contém: O nome do experimento, o objetivo, a montagem, o material utilizado e o procedimento/atividade experimental, que explica o passo a passo para realizar o experimento.

Figura 4.6: Experimento realizado na atividade experimental 2



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O experimento consiste em calcular a aceleração de uma bolinha de gude que desce uma rampa. Para realizar essa atividade devemos primeiro fixar o experimento em um determinado ângulo. Em seguida deixar a bola de gude na posição 0 (zero) e deixar ela rolar até a posição indicada na tabela da imagem 4.7. Isso pode ser exemplificado melhor na imagem 4.7. Nela podemos observar que primeiro a bolinha deve sair da posição zero e ir até a posição de 25 cm. O tempo gasto nesse percurso deve ser anotado na tabela da imagem 4.7. Esse experimento é realizado para os ângulo de 30° , 45° e 60° .

Figura 4.7: Tabela da atividade experimental 2

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Ao iniciar a aula o professor deverá formar grupos de 5 componentes e explicar aos estudantes como realizar o experimento, para isso, basta fazer uma leitura do roteiro junto com eles. Após a realização do experimento o aluno deverá responder as questões propostas.

Na, questão 1, o aluno deverá realizar o experimento e anotar os dados obtidos na tabela 4.7. O professor deverá ter cuidado para verificar se o aluno está realizando o experimento corretamente e responder as dúvidas que os estudantes eventualmente possam ter sobre a realização do experimento.

Na questão 2, o estudante deve usar seus conhecimentos sobre movimento acelerado e calcular a aceleração da bola de gude em todos os percursos. Ao todo ele terá que calcular quatro acelerações. O esperado é que ele perceba que ao iniciar o movimento tanto a velocidade inicial quanto a posição inicial têm valor zero. Em seguida ele deve usar a equação da posição em função do tempo (3.14), para movimento acelerado e achar as acelerações.

Caso o grupo de estudantes não perceba, o professor deve colocar a equação no quadro e explicar ao estudante, mas sem tirar sua autonomia.

Para que não dê muito trabalho aos estudantes, é lembrado que a atividade é realizada em grupo, cada estudante pode realizar o cálculo de um percurso, como são quatro percursos, dois estudantes deverão realizar o cálculo de um percurso.

Na questão 3, o estudante deve analisar a resposta da questão. O esperado é que após ele acabar todos os cálculos ele perceberá que a aceleração é a mesma em todos os

percursos, com isso ele perceberá que nesse experimento a aceleração é constante.

O valor das acelerações não dará exatamente o mesmo, vai apresentar diferença na terceira ou quarta casa depois da vírgula, então o professor deverá explicar que essa diferença aparece por vários fatores, por exemplo, o erro do instrumento de medida, no nosso caso, o tempo de reação na hora de usar o cronômetro. Outro erro seria a resistência do ar, o correto seria realizar o experimento no vácuo e por último, o atrito da bolinha com a superfície.

Nas questões 4, 5 e 6, é pedido o mesmo das questões 1, 2 e 3, respectivamente, a única coisa que vai mudar é o ângulo do experimento que será de 45° . Com isso, o valor da aceleração será diferente mas continuará constante. E esperamos que os alunos percebam isso.

Quando os estudantes estiverem respondendo as questões 7, 8 e 9, vão perceber que elas são similares as questões 1, 2 e 3, com a diferença que o ângulo é de 60° . Essa mudança no ângulo vai fazer com que o valor da aceleração seja diferente, mas o fato da aceleração ser constante durante o percurso não mudará.

Ao término da aula, o professor deverá recolher as atividades para avaliar os estudantes.

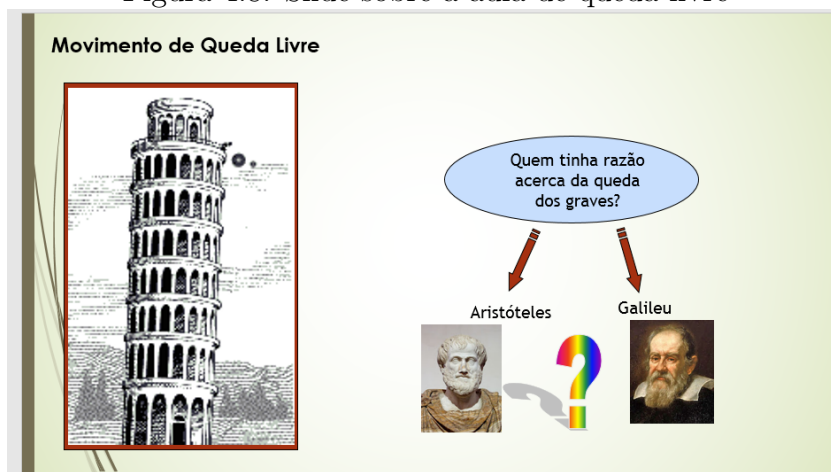
4.2.6 Descrição da Aula 6

A aula 6, vai ser uma aula teórica onde vamos apresentar os conceitos e definições de lançamento de projétil. Nela abordaremos os assuntos de queda livre, lançamento oblíquo e lançamento horizontal. Esta aula servirá de base para o experimento de lançamento oblíquo.

Inciaremos nossa aula falando sobre queda livre, dentro desse assunto vamos apresentar as teorias de Aristóteles e Galileu pois elas tem ponto de vista diferentes. O esperado é criar um debate na sala sobre as duas teorias. Na imagem 4.8 podemos ver o slide que será apresentado sobre os dois pontos de vista. O professor deve perguntar “quem estava certo?” e ver as respostas do aluno, é um ótimo jeito de iniciar a aula.

Após o professor comentar sobre as duas teorias e apresentar a resposta correta para os alunos, vamos apresentar as definições e equações que são usadas em queda livre.

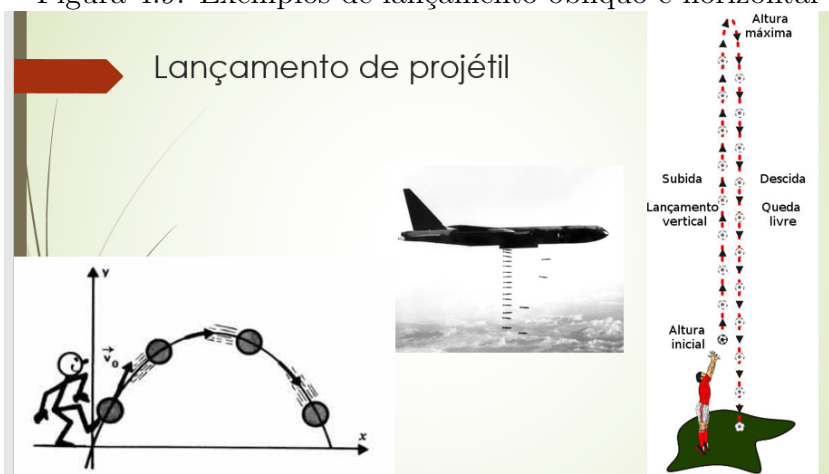
Figura 4.8: Slide sobre a aula de queda livre



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Depois vamos falar de lançamento oblíquo e lançamento horizontal (do slide 39 ao 48). Antes de iniciar o assunto o professor deverá mostrar alguns exemplos de lançamento oblíquo e horizontal, como o lançamento de bombas por aviões e lançamento de uma bola de basquete. Alguns desses exemplos são mostrados na imagem 4.9.

Figura 4.9: Exemplos de lançamento oblíquo e horizontal



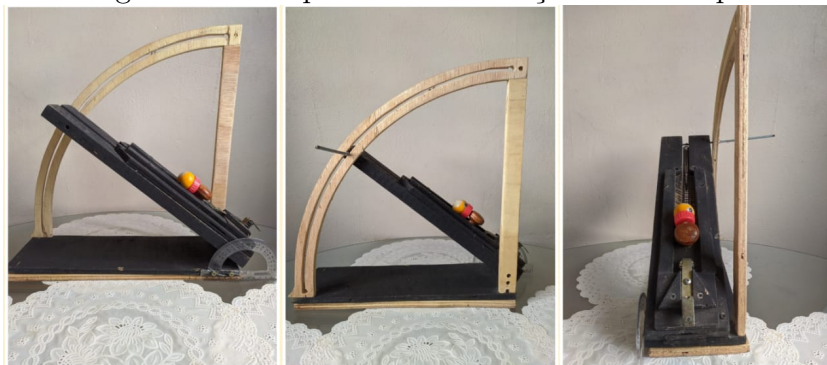
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em seguida apresentaremos todas as equações e conceitos referente ao tema, principalmente a parte de decomposição de velocidade e independência de movimentos. A intenção dessa aula é oferecer suporte teórico para o experimento de lançamento oblíquo.

4.2.7 Descrição da Aula 7

Nessa aula, será realizado a aplicação do experimento 3, vamos iniciar a aula fazendo as devidas explicações sobre o uso do experimento.

Figura 4.10: Experimento de lançamento oblíquo



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para manusear o experimento que está na imagem 4.10 foi produzido um roteiro de atividades que contém o nome do experimento, o objetivo de realizá-lo e os procedimentos, detalhando o passo a passo de como utilizá-lo.

Ao iniciar a aula o professor deverá ler e pedir para que os estudantes sigam os seguintes procedimentos:

1. O experimento deve ser feito em equipe, com cinco integrantes;
2. Ajuste o ângulo do experimento conforme a tabela do exercício;
3. Engatilhe o experimento de lançamento oblíquo, e deixe pronto para disparar; Antes de colocar a bolinha no lugar indicado, lembre-se de molhar e jogar trigo nela. Assim, quando a bola bater no chão ela vai deixar uma marca;
4. Um dos alunos da equipe deve usar uma trena para medir o alcance do disparo do projétil na horizontal;
5. Os dados devem ser preenchidos na tabela 4.1, e use o resultado para resolver as atividades.

Em seguida, os estudantes devem realizar as atividades propostas no tópico “Atividade”. Na questão 1, tudo o que deve ser feito é a realização do procedimento e preencher a tabela 4.1

Tabela 4.1: Tabela de exercício Q3.1

Ângulo	Distância (Δs)
15°	
30°	
45°	
60°	
90°	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em seguida, na questão 2, o aluno deverá analisar a tabela anterior e escrever uma conclusão. O esperado é que o estudante perceba que o alcance máximo acontece para o ângulo de 45°.

Na questão 3, o aluno deverá fazer uma pesquisa sobre quais esportes estão relacionados com o assunto de lançamento oblíquo e relacionar estes esportes com o alcance máximo.

Na questão 4, o aluno deve obter o alcance máximo e depois comparar como os resultados obtidos na tabela 4.1. O esperado é que o aluno perceba que os resultados são parecidos e que a diferença aparece porque no experimento existe a resistência do ar. Esse é o momento perfeito para o professor falar sobre a resistência do ar.

Na questão 5, é um pesquisa sobre resistência do ar para melhorar o conhecimento sobre o assunto.

Na questão 6, devemos usar o resultado do exercício 1 para calcular o valor da velocidade inicial do projétil. Para isso, o professor deverá pedir para que os alunos observem a equação de alcance horizontal máximo e substituir todos os valores conhecidos. Ao final, o aluno deverá perceber que a única variável que vai faltar é a velocidade inicial. Sendo assim basta que o aluno calcule esse valor.

Capítulo 5

RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A Avaliação do Produto Educacional intitulado “Uma proposta de sequência didática para o ensino de cinemática utilizando experimentos” foi realizada através de uma análise crítica efetuada por professores de Física que atuam na rede básica de ensino há mais de cinco anos.

Considerou-se como critérios de avaliação do produto, a viabilidade de aplicação do produto, a adequação de linguagem, o nível de adequação do conteúdo e a contribuição deste para o processo de ensino/aprendizagem de Cinemática. Além destes, também considerou-se como critérios de avaliação secundários, a ludicidade presente nas atividades propostas e a didática de aplicação do produto em sala de aula.

Neste sentido realizou-se uma avaliação de tipo qualitativa, na qual os professores apresentaram suas opiniões, críticas e sugestões a respeito do produto educacional, classificando-o como um recurso didático-pedagógico possível ou não para o enriquecimento de suas aulas de Física.

Nas seções seguintes, serão explorados os aspectos presentes nos pareceres emitidos pelos professores acerca do produto educacional. Ao todo contou-se com a avaliação de quatro professores da rede básica de ensino, que possuem como formação mínima o título de mestre, com exceção de um único professor que se encontra em fase de conclusão do

mestrado.

5.2 AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL SOB A PERSPECTIVA DE PROFESSORES DE FÍSICA

Considera-se como primeiro aspecto presente nas avaliações dos professores a estrutura e forma de organização do produto educacional (quadro 1). Abaixo, tem-se as opiniões expressas acerca deste primeiro aspecto.

Quadro 1: Relato sobre estrutura e organização do Produto Educacional

Professor	Parecer
A	A sequência está bem estruturada. Os roteiros das atividades experimentais estão claros e objetivos.
B	O trabalho está bem fundamentado e bem escrito, seguindo uma estrutura lógica, destacando seus experimentos de grande potencial levando em consideração o contexto social da realidade da escola da cidade onde reside o professor Aristeu.
C	Sobre o produto educacional elaborado pelo mestrando, a sequência está bem definida.
D	Sobre o produto educacional, vejo que a sequência está bem estruturada. Os procedimentos das atividades estão claros e objetivos.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Através das primeiras considerações, verifica-se que sob a perspectiva dos professores avaliadores, a sequência de atividades didáticas encontra-se bem definida e com estrutura viável de aplicação.

O segundo aspecto considerado nos pareceres emitidos foi a respeito das atividades propostas e métodos utilizados para desenvolvê-las, como por exemplo o uso de experimentos de baixo custo. No quadro a seguir (quadro2), tem-se as considerações acerca destes aspectos.

Quadro 2: Relato sobre atividades propostas e métodos utilizadas

Professor	Parecer
A	As atividades experimentais propostas no trabalho compreendem boa parte dos assuntos trabalhados em cinemática clássica, fornecendo ao professor três opções de atividades experimentais para que, de acordo com seu cronograma de trabalho, utilize a atividade que mais lhe for conveniente, ou utilize todas as atividades.
B	Outro ponto importante é a forma e a maneira que o produto educacional ensina, e explica de forma didática e lúdica. O produto explica passo a passo de como reproduzir e desenvolver os experimentos com materiais de baixo custo e bem práticos em sala de aula e como aplicar essas ferramentas no cotidiano, comparando seus resultados com a literatura.
C	Em relação aos materiais utilizados no projeto, é de fácil acesso e de baixo custo com facilidade de encontrar.
D	As atividades experimentais propostas no trabalho abrangem boa parte dos conteúdos abordados em cinemática clássica, possibilitando ao professor trabalhar o conteúdo através de três atividades experimentais que podem ser aplicadas de acordo com o tempo de aula do professor ou de sua proposta de trabalho..

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Como verificado através das falas dos professores avaliadores, as atividades propostas no produto educacional, são atividades que oferecem aos professores da rede básica a possibilidades de inovar as metodologias de ensino habituais, além de constituírem atividades de baixo custo que são acessíveis de aquisição. Além disso, outro ponto levantado

nos pareceres é a flexibilidade de aplicação dessas atividades, que podem ser ajustadas de acordo com o plano de ensino do professor.

Por último, ao final de cada parecer, os avaliadores emitiram uma opinião final acerca da viabilidade de aplicação do projeto e da utilização do produto por eles em suas respectivas salas de aula. No quadro abaixo (quadro 3), tem-se o parecer final de cada avaliador.

Quadro 3: Relato sobre viabilidade da aplicação e utilização do produto

Professor	Parecer
A	Portanto, vejo que a aplicação do produto educacional é viável e o resultado para o ensino de Física muito provavelmente será bom, tendo em vista a boa receptividade dos estudantes por aulas mais práticas.
B	Sendo assim, o trabalho está considerado aprovado, conseguindo ser de fato um produto (material de apoio ao professor) e servir de base para que os professores do Ensino Médio consigam reproduzir e ensinar seus alunos de maneira didática, contribuindo para o processo ensino-aprendizagem com recursos utilizados em outras áreas do conhecimento.
C	Portanto, o projeto é viável e poderá ser aplicado tanto em sala de aula como fora dela e poderá ser feito com interdisciplinaridade, por exemplo com a educação física, pois envolve equipes. Contudo, este projeto pode ser aplicado e, com certeza, terá bom desempenho e eficácia devido a sua organização e o acesso aos materiais que são utilizados no mesmo.
D	Portanto, o produto educacional desenvolvido é viável e o resultado para o Ensino de Física muito provavelmente será bom.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Como parecer final, cada professor avaliador considerou o produto educacional de aplicação viável e apresentou um parecer favorável frente ao desenvolvimento deste. Além disso, todos os avaliadores expressaram-se otimistas com os possíveis resultados apresentados frente a aplicação do produto. Ressalta-se que todos os pareceres emitidos pelos professores, e discutidos nesta seção encontram-se em anexos ao final desta dissertação.

5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através dos pareceres emitidos e discutidos na seção anterior, verificamos que todos os professores expressaram opiniões positivas acerca da aplicação do produto educacional em sala de aula.

Em tais avaliações foram considerados os aspectos que regem tanto a estrutura da dissertação quanto os aspectos tangíveis ao conteúdo de Física, ou seja, a Cinemática. Dessa forma concluímos que avaliação realizada pelos professores, constitui uma avaliação completa e imprescindível para o desenvolvimento do produto educacional.

Verifica-se nas falas dos professores, elementos relacionados ao processo de aprendizagem dos alunos e à ação docente, o que demonstra que eles de fato preocupam-se com a qualidade do ensino que é oferecida pela disciplina de Física.

Ademais, verifica-se nos pareceres, através do relato de cada um, a necessidade do desenvolvimento de produtos que apresentem metodologias alternativas diferentes das tradicionais que já são excessivamente utilizadas no ensino de Física. Por este motivo, os relatores expressam-se favoráveis a aplicação do produto educacional, visto que este apresenta atividades de ensino diferenciadas e de fácil aplicação, que podem ser implementadas dentro do período de aula do professor.

No que tange ao conteúdo da Cinemática, os relatos consideraram o produto uma excelente forma de introduzir este conteúdo de maneira mais leve para os alunos do 9º ano do ensino fundamental.

Por fim, os relatos destacam a importância que trabalhos como o desenvolvido podem ter no incentivo de professores de Física quanto à adoção de métodos e estratégias de ensino diferenciadas nas aulas de Física.

Através da análise desses pareceres, foi possível traçar um panorama geral de ava-

liação e da qualidade do produto educacional que foi proposto para o ensino de cinemática à estudantes do nono ano do ensino fundamental. Esses relatos foram de extrema importância para o desenvolvimento do trabalho, e cada opinião emitida de importante valia para o aperfeiçoamento do mesmo.

5.4 Resultados esperados com a aplicação no ensino básico

Com a implementação desta proposta didática, espera-se que o estudo da cinemática seja incentivado entre os alunos, fazendo com que estes venham a compreender a importância do seu estudo para a compreensão dos movimentos e fenômenos do dia-a-dia. As atividades de ensino propostas estão organizadas de forma a trazer conhecimento prático e funcional sobre a Física, além de apresentar-se de forma lúdica, dinamizando o ensino e a aprendizagem dos conteúdos. Assim, através da realização das atividades experimentais, espera-se que os alunos sejam capazes de visualizar a ocorrência dos fenômenos físicos e relacioná-los com as situações práticas do seu cotidiano. Além disso, espera-se que através do estudo dos conceitos de grandezas e grandezas diretamente e inversamente proporcionais, seja oportunizado aos alunos o desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento das habilidades e competências matemáticas, como por exemplo a resolução de situações-problemas através dos conhecimentos numéricos. A motivação e o entusiasmo no estudo da disciplina de Física, também são considerados resultados esperados, visto que através da revisão de literatura, é constatado que a realização de atividades experimentais e lúdicas são fatores motivacionais de estudo, já que se diferenciam das atividades habituais de sala de aula. No geral, baseados nos pressupostos de Vygotsky, espera-se que através da interação com o meio (atividades experimentais, integrantes do grupo e o próprio professor), os alunos sejam capazes de trocar informações e adquirir conhecimentos sobre o conteúdo estudado. Por fim, espera-se que além de contribuir com o processo de aprendizagem dos alunos, esta proposta contribua com a prática docente dos professores, incentivando os profissionais da área da Física a realizar atividades experimentais e diferenciadas que atuem como ferramentas facilitadoras na aprendizagem dos alunos.

Considerações Finais

Esta pesquisa objetivou contribuir com o processo de ensino e aprendizagem de Cinemática nas séries finais do ensino fundamental II. Para isso, propôs-se como produto educacional, uma sequência de atividades didáticas que tiveram por base a experimentação e foram fundamentadas na Teoria Sociocultural de Lev Vygotsky.

A escolha pela utilização da experimentação no ensino básico se deu, porque esta constitui elemento dinâmico e motivador, que torna o conteúdo mais atrativo aos olhos dos alunos e os deixam mais à vontade para investigar os fenômenos físicos. Além do mais, as previsões feitas a partir dos experimentos de física causam entusiasmo nos alunos, e faz com que o ensino da disciplina tenha mais valor e significado.

As atividades de ensino propostas no produto educacional foram organizadas de forma a trazer conhecimento prático e funcional sobre a Física, além de apresentar-se de forma lúdica, dinamizando o ensino e a aprendizagem dos conteúdos. Através da realização das atividades experimentais, são oferecidos aos alunos oportunidades de visualizar a ocorrência dos fenômenos físicos e, conseqüentemente, relacioná-los com as situações práticas do seu cotidiano.

Ressalta-se também, que através do estudo dos conceitos de grandezas e grandezas diretamente e inversamente proporcionais, é oportunizado aos alunos o desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento das habilidades e competências matemáticas, como por exemplo a resolução de situações-problemas através dos conhecimentos numéricos.

No que tange à motivação e o entusiasmo, fatores tão somente importantes no processo de aprendizagem, é constatado através da revisão de literatura que a realização de atividades experimentais e lúdicas exercem papel motivador para a aprendizagem dos alunos, já que se diferenciam das atividades habituais de sala de aula.

Quanto a aplicação do produto educacional, a priori, planejou-se uma aplicação em uma turma de 35 alunos do 9º ano do ensino fundamental II de uma escola de ensino

público da cidade de Itacoatiara-AM. No entanto, devido ao cenário da pandemia de Covid-19, a aplicação do produto educacional com os alunos não foi possível, e como forma alternativa para coletar dados, o produto foi submetido à uma análise qualitativa por professores de Física, mestres e mestrandos, que lecionam na rede básica, e que analisaram o produto e emitiram seus pareceres acerca da qualidade do trabalho desenvolvido.

Mostraremos alguns comentários feitos acerca do produto educacional, por exemplo, o professor avaliador C afirma que os experimentos tem aparatos que facilitam o manuseio em sala de aula, e que como todas as atividades são realizadas em equipes isso gera a interação entre os estudantes.

Para o professor avaliador A, o tópico que fala sobre o ângulo de alcance máximo é ótimo, pois muitas vezes os professores usam apenas métodos matemáticos para demonstrar que o ângulo de alcance máximo em uma lançamento oblíquo é 45° , mas no experimento três podemos realizar um experimento que realiza essa demonstração. Neste sentido, temos mais uma opção concreta para trabalhar este tópico de Cinemática.

O avaliador B enfatiza que os objetivos do trabalho estão alinhados e coerentes com a metodologia e método utilizado no produto educacional, o que mostra que a sequência didática está bem desenvolvida e que é ótima para o ensino de cinemática.

O produto educacional trás muitas opções de aulas para o professor de física, podendo ser aplicado tanto no ensino fundamental II, quando no ensino médio. Um comentário geral dos avaliadores é que o produto é totalmente viável e o material para construção dos experimentos é de baixo custo, o que torna o produto educacional muito atraente para os professores de Física e de ciências.

Nos pareceres emitidos foram avaliados aspectos como a estrutura e a organização do produto educacional, a metodologia de ensino proposta, a viabilidade de aplicação em sala de aula e a ludicidade empregada através das atividades, além de outros aspectos.

Obtivemos, através dos pareceres, avaliações positivas quanto a implementação da proposta de trabalho em sala de aula. Na análise dos resultados, onde analisamos os pareceres emitidos, foi possível constatar que as atividades de experimentação propostas no produto educacional, foram consideradas adequadas e de fácil aplicação, o que em linhas gerais condiz com os objetivos desta pesquisa. Além do mais, os avaliadores também teceram comentários acerca da importância da experimentação para o ensino

de Física no ensino fundamental.

Nesta perspectiva, levando em consideração as avaliações dos professores, acredita-se que a implementação dessa proposta educacional possuiria implicações diretas na aprendizagem dos alunos, além de incentivar os demais professores de física a adotarem metodologias alternativas para o ensino da cinemática. Diante disso, considera-se a proposta educacional desenvolvido nesta pesquisa como útil e necessário para o ensino significativo de física, tendo em vista a carência existente por trabalhos com perspectivas didáticas que proporcionem aos alunos uma aprendizagem dinâmica e prazerosa.

No mais, para trabalhos futuros com base nesse pesquisa, sugere-se trabalhar o tópico das transformações de Lorentz, onde deverão ser abordados as diferenças entre ela e a de Galileu, mostrando as principais peculiaridades, como por exemplo, a velocidade da luz que passa a ser uma invariante, o tempo que nas transformações de Galileu era os mesmos para todos os referencias, $t = t'$, e agora passam a ser diferentes, etc. Também sugere-se abordar sobre a relatividade estrita e os princípios de Einstein, e suas contribuições para a sociedade atual.

Referências Bibliográficas

- [1] ALONSO, M.; FINN, E. J. **FÍSICA: um curso universitário**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1972. v.1. 481 p.
- [2] ALVES, Vagner; STACHAK, Marilei. **A Importância de Aulas Experimentais no Processo de Ensino–Aprendizagem em Física: Eletricidade**. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Rio de Janeiro, 2005.
- [3] ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. dos S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, n. 2, jun. 2003.
- [4] BARRETO, B.; XAVIER, C. **Física aula por aula: Macânica**. 3. ed. São Paulo:FTD, 2016.
- [5] BORGES, Heloísa; GHEDIN, Evandro. **Fundamentos para Pensar o Currículo**. Manaus: Editora Travessia, 2010, 224 p.
- [6] BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. **Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares: ano 03, unidade 06** / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. - Brasília: MEC, SEB, 2012. 47 p.
- [7] BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais+ (PCN+): Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

- [8] CHAVES, A.; SAMPAIO, J.F. **FÍSICA BÁSICA: Mecânica**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- [9] DRISCOLL, M. **Psychology of learning and instruction**. Boston: Allyn and Bacon, 1995.
- [10] GARTON, A. **Social interaction and the development of language and cognition**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1992.
- [11] GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- [12] GIACOMETTI, J. A. **Mecânica clássica: uma abordagem para licenciatura**. São Paulo: Livraria da Física, 2015. v. 1. 328 p.
- [13] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **FUNDAMENTOS DE FÍSICA: MECÂNICA**. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 1. 340 p.
- [14] KNIGHT, R. **FÍSICA: UMA ABORDAGEM ESTRATÉGICA**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. v. 1. 488 p.
- [15] LARIUCCI, C.; NAPOLITANO, H. B. Alternativa para o ensino da cinemática Interação, Revista Faculdade de Educação, UFG, v. 26, 2001.
- [16] LIMA, Dozinete F. **A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de Física Moderna no Ensino Médio**. Rev. Triang. Uberaba, v.11, n.1, p.151 ? 162, 2018
- [17] MARX, K.; ENGELS, F. **A Ideologia Alemã**. Tradução L. C. C e Costa. 3. ed. São Paulo: M. Fontes, 2007.
- [18] MOREIRA, A. M. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: E.P.U., 2018.
- [19] NUSSENZVEIG, H. M. **Curso De Física Básica: Mecânica**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2013.
- [20] PETERNELLA, A.; VIEIRA, C.; GHEDIN, E. Vigotski e a Teoria Histórico-Cultural: Contribuições para a organização do ensino. In: GHEDIN, Evandro; PETERNELLA, Alessandra (Org.). **Teorias Psicológicas e suas implicações à Educação em Ciências**. Boa Vista: Editora da UFRR, 2016.

- [21] RAMALHO, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. **Os FUNDAMENTOS DA FÍSICA 1: Mecânica**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.
- [22] VYGOTSKY, L. S. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 2001.
- [23] VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. 2. ed. São Paulo: M. Fontes, 1998.
- [24] VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 2. ed. brasileira. São Paulo: M. Fontes, 1988, 168 p.
- [25] VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. 1. ed. São Paulo: M. Fontes, 1987.
- [26] YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **FÍSICA I: MECÂNICA**. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.
- [27] ZABALA, A.A **prática educativa: como ensinar**. Porto alegre: Artmed, 1998.

Appendices

Apêndice A

Produto Educacional

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA UTILIZANDO EXPERIMENTOS



Fonte: encurtador.com.br/iuH24.

Aristeu Pereira Simas

Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva

Manaus-AM

Setembro de 2021



**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O
ENSINO DE CINEMÁTICA UTILIZANDO
EXPERIMENTOS**

Aristeu Pereira Simas

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 4

Ata da 42ª Defesa de Dissertação

Aos vinte e oito dias do mês de setembro, do ano de dois mil e vinte e um, às nove horas, por webconferência, ocorreu a Defesa da Dissertação do mestrando **Aristeu Pereira Simas**, intitulada “Uma proposta de sequência didática para o ensino de cinemática utilizando experimentos”, do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 4 das Instituições de Ensino Superior Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A Banca Examinadora foi composta pelo Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva, Prof.^a Dr.^a Josefa Teixeira de Mendonça Pacobahyba e Prof. Dr. José Galúcio Campos. O Professor Doutor Márcio Gomes da Silva, Presidente, deu início aos trabalhos, convidando os membros a comporem a Banca Examinadora. O Presidente fez a leitura dos procedimentos para defesa de dissertação, e convocou o mestrando para fazer a exposição de seu trabalho que, em seguida, foi arguido pelos membros da Banca Examinadora. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se privativamente e decidiu pela aprovação do trabalho. Ao final, os presentes foram chamados para tomarem conhecimento do resultado da avaliação, o Presidente da banca comunicou o interessado que feitas às devidas correções na dissertação, conforme sugestão da banca Examinadora, o discente é obrigado a entregar, na secretaria do polo 4, até sessenta (60) dias após a data da defesa, cinco (5) vias impressas e encadernadas no formato capa dura, e duas vias digitais em formato PDF, em CD, para os trâmites necessários à concessão do diploma, conforme Resolução Nº.47 - CONSUP/IFAM de 13 de julho de 2015. Nada mais havendo a tratar, foi lavrado a presente ata que, após lida e aprovada, será assinada pelos presentes.

Márcio Gomes da Silva

Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva
Presidente- IFAM

Josefa Teixeira de Mendonça Pacobahyba

Prof.^a Dr.^a Josefa Teixeira de Mendonça Pacobahyba

Membro Externo - UFRR

José Galúcio Campos

José Galúcio Campos
Membro Interno - IFAM

Biblioteca do IFAM - Campus Manaus Centro

S588u Simas, Aristeu Pereira.

Uma proposta de sequência didática para o ensino de cinemática utilizando experimentos / Aristeu Pereira Simas; Márcio Gomes da Silva. – Manaus, 2021.

34 p. : il. color.

Produto Educacional da Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM; Universidade Federal do Amazonas - UFAM; Sociedade Brasileira de Física - SBF, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva.

1. Ensino de Física. 2. Cinemática. 3. Física - didática. I. Silva, Márcio Gomes da. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Sociedade Brasileira de Física IV. Título.

CDD 531

*Dedico este trabalho à minha amada mãe Lucila da Silva Pereira que enche minha vida
de plena felicidade.*

Lista de Figuras

1	Experimento de movimento acelerado. Na imagem vemos o experimento de dois ângulos diferentes.	17
2	Experimentos de lançamento oblíquo. Na imagem vemos o experimento em três ângulos diferentes.	21
3	Lista de equações para Movimento oblíquo	23
4	Slide referente ao conceito de Cinemática	24
5	Atividade 1 proposta em sala de aula	25
6	slide sobre os tipos de movimento retilíneo uniforme	25
7	Foto da tabela de exercício Q1.1 do produto educacional.	26
8	Slide sobre movimento uniformemente variado	28
9	Experimento realizado na atividade experimental 2	29
10	Tabela da atividade experimental 2	30
11	Slide sobre a aula de queda livre	32
12	Exemplos de lançamento oblíquo e horizontal	32
13	Experimento de lançamento oblíquo	33

Lista de Tabelas

1	Tabela de exercício Q1.1	15
2	Tabela de exercício Q1.6	16
3	Tabela de exercício Q2.1	18
4	Tabela de exercício Q2.4	19
5	Tabela de exercício Q2.7	20
6	Tabela de exercício Q3.1	22
7	Tabela de exercício Q3.1	34

Sumário

APRESENTAÇÃO	9
ROTEIRO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA	10
Aula 1	10
Aula 2	10
Aula 1	11
Aula 4	11
Aula 5	12
Aula 6	12
Aula 7	13
ROTEIRO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL	14
Roteiro da atividade experimental 1	14
Roteiro da atividade experimental 2	17
Roteiro da atividade experimental 3	21
CONSIDERAÇÕES	35

APRESENTAÇÃO

Este livreto foi desenvolvido com a intensão de estimular a aprendizagem do estudante a respeito do ensino de Cinemática. Para isso, elaboramos uma sequência didática que contempla o uso de atividades experimentais.

O livreto é um manual que o professor, principalmente o professor de Ciências do ensino fundamental II, poderá utilizar em suas aulas. Sendo assim, o presente livreto foi dividido em três seções. A primeira consiste no “Roteiro da sequência didática” que aborda os planos de aula desenvolvidos para este manual. A segunda, “Roteiro de atividades experimentais”, é um tutorial de como utilizar e organizar os experimentos. E a terceira seção “Slide da sequência didática” é onde se encontra um link com o slide das aulas aplicadas em nosso projeto.

Este livreto é um produto educacional que faz parte da dissertação intitulada UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA UTILIZANDO EXPERIMENTOS que foi produzida pelo mestrando Aristeu Pereira Simas para obter o título de mestre em Ensino de Física pelo Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

Espera-se que esse produto possa servir como material de ensino ao professor de Ciências e Física, e que os estudantes possam desenvolver habilidades como identificar e analisar os fenômenos físicos relacionado à Cinemática que estejam presentes no seu dia a dia.

ROTEIRO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Aula 1

Objetivo: Apresentação do projeto e teste diagnóstico.

Tempo de aula: 50 minutos.

Procedimento didático: Na primeira aula será apresentado o projeto para a turma. Essa apresentação terá em média 10 minutos e haverá um tempo de 10 minutos para responder qualquer eventual dúvida que o estudante venha adquirir. Em seguida, será aplicado um teste diagnóstico com 10 questões, com duração máxima de 30 minutos.

Aplicar-se-á o teste diagnóstico com o objetivo de colher dados sobre o conhecimento prévio dos alunos, de forma que, baseados nesses dados, possamos elaborar as aulas da nossa sequência didática. O teste será composto por 10 questões, sendo as questões de 1 a 5 para identificar o nível de afinidade dos alunos com a disciplina, e as questões de 6 a 10 para sondagem do conhecimento prévio sobre cinemática.

Materiais/Equipamentos: Quadro, pincel, apagador, datashow, notebook, caixa de som, papel e caneta.

Aula 2

Objetivo: Apresentar os conceitos de posição, deslocamento, ponto material, trajetória e referencial. Além de, apresentar a diferença entre velocidade média e instantânea, a função horária do movimento e abordar os gráficos MU.

Tempo de aula: 50 minutos.

Procedimento didático: A segunda aula compreenderá um tempo máximo de 50 minutos.

No primeiro momento serão abordados os conceitos de ponto material, posição, tempo, trajetória, referencial e deslocamento, visto que tais conceitos básicos são essenciais para compreender o estudo de movimento. Em seguida, os estudantes serão divididos em grupos de cinco componentes para discutirmos um exercício que será passado por slide. A aula sobre os conceitos físicos e a atividade compreenderão os slides de 1 a 7.

Posteriormente, nos slides de 8 a 17, serão abordadas as definições de velocidade média, velocidade média instantânea, função horária da velocidade e movimento retilíneo

uniforme. Em seguida, serão propostos aos estudantes três exercícios para resolução em grupo. Todas as atividades deverão ser trabalhadas em grupos a fim de promover a interação entre os estudantes e o professor, e mediar o avanço da aprendizagem dos alunos.

Materiais/Equipamentos: Quadro, pincel, apagador, datashow, notebook, caixa de som, papel e caneta.

Aula 3

Objetivo: Trabalhar os conceitos da aula 1 e 2 através de uma aula experimental, na qual serão apresentados outros conceitos matemáticos como o de transformação de unidade, gradezas diretas e inversamente proporcionais.

Tempo de aula: 50 minutos.

Procedimento didático: A aula 3, será uma aula experimental, ou seja, aplicaremos o experimento 1.

Na aula experimental, a ser realizada na quadra da escola, será proposto aos alunos que calculem a sua própria velocidade média através de uma corrida. Esta atividade será realizada em grupos de cinco componentes, e após a execução do experimento os alunos deverão preencher o relatório de atividades proposto pelo professor. Esse relatório deve servir de base para a avaliação do aluno no decorrer desta aula.

Materiais/Equipamentos: Quadro, pincel, apagador, datashow, notebook, caixa de som, papel e caneta. Materiais selecionados para no experimento 1.

Aula 4

Objetivo: Compreender os conceitos de aceleração média e instantânea, bem como apresentar as equações da função horária da velocidade, da posição e de Torricelli. Além de identificar tais conceitos em situações do cotidiano.

Tempo de aula: 50 minutos.

Procedimento didático: O Tempo máximo para esta aula é de 50 minutos. Iniciaremos a aula com o conceito de aceleração, onde apresentaremos sua definição matemática e trataremos de apresentar a diferença entre aceleração média e instantânea. Nessa mesma aula, vamos utilizar situações do cotidiano, como o trânsito, para exemplificar os conceitos abordados.

Posteriormente, abordaremos as equações de movimento retilíneo uniformemente variado (MUV), função horária da velocidade, da posição e a equação de Torricelli. Em seguida, vamos trabalhar os conceitos de movimento com aceleração nula, retardada e progressiva através de gráficos.

Para essa aula utilizaremos os slides 18 a 29, e ressaltamos que os alunos serão avaliados de acordo com seus desempenhos nas atividades propostas.

Materiais/Equipamentos: Quadro, pincel, apagador, datashow, notebook, caixa de som, papel e caneta.

Aula 5

Objetivo: Reforçar os conceitos da aula 4, através do cálculo da aceleração e da velocidade de uma bola de Gude. Pretende-se fazer com que os alunos observem um exemplo real onde a aceleração é aproximadamente constante.

Tempo de aula: 50 minutos.

Procedimento didático: A duração da aula 5 é de 50 minutos. Esta aula constitui uma atividade experimental realizada em grupos de 5 componentes.

O professor deve separar os grupos de maneira que os alunos que tenham se destacado na aula 4 fiquem em grupos diferentes. A proposta visa dar equilíbrio nos grupos, de forma que os alunos que compreenderam melhor o assunto anterior possam auxiliar seus colegas de grupo.

O experimento consiste em calcular a aceleração de uma bola de gude que desce uma rampa, para isso basta preencher a tabela que é pedida na atividade experimental. A atividade experimental servirá de base para medir o desenvolvimento dos estudantes. É importante ressaltar, que antes de iniciar o experimento, o professor deve ler com a atenção o relatório de atividade experimental e orientar os alunos para esclarecer possíveis dúvidas, mas sempre lembrando que o aluno deve procurar suas resposta com autonomia.

Materiais/Equipamentos: Quadro, pincel, apagador, datashow, notebook, caixa de som, papel e caneta. Materiais relacionados no roteiro de atividades experimentais 2.

Aula 6

Objetivo: Compreender os conceitos de lançamento vertical, lançamento oblíquo e lançamento horizontal, e compreender a relação dessas grandezas com o lançamento de

projéteis. Além de explicar as relações físicas e matemáticas presentes em lançamento de projéteis.

Tempo de aula: No máximo 50 minutos.

Procedimento didático: A aula 6, envolve os conceitos relacionados com o movimento de um projétil. Antes de iniciar a aula teórica, o professor deve fazer uma breve exposição do assunto e apresentar exemplos do dia a dia que envolvem esses conceitos como jogos de basquete, futebol e lançamentos de bombas por aviões. Estes exemplos proporcionarão um ambiente de participação aos alunos. O professor em seguida deve convidar os estudantes a apresentarem outros exemplos sobre o assunto.

Em seguida, será abordado o conceito de movimento vertical para cima e o de queda livre, com ênfase nas histórias de Galileu e Aristóteles, mostrando as principais equações e o papel que a gravidade exerce nesse tipo de movimento.

Posteriormente, o professor deve trabalhar as definições dos conceitos de lançamento oblíquo, começando pelo princípio de Galileu e depois uma pequena introdução sobre decomposição da velocidade inicial, movimentos horizontais e verticais do lançamento oblíquo.

Para finalizar a aula, deverá ser discutido sobre as características do lançamento horizontal e proposto três exercícios com os alunos, conforme o slide. Os slides para a aula seis estão compreendidos entre os slides 30 ao 46.

Materiais/Equipamentos: Quadro, pincel, apagador, datashow, notebook, caixa de som, papel e caneta.

Aula 7

Objetivo: Ao término desta aula espera-se que o aluno seja capaz associar um ângulo com a distância máxima atingida por um projétil lançado obliquamente sobre ação única da força da gravidade, bem como determinar a altura máxima atingida pelo projétil após o lançamento. Além disso, busca-se conceituar um movimento oblíquo, analisando as variáveis físicas envolvidas e estimando o alcance de um projétil.

Tempo de aula: No máximo 50 minutos.

Procedimento didático: A Aula 7, terá um tempo máximo de 50 minutos. Propomos uma aula de atividade experimental realizada com grupos de cinco componentes. O professor deve dividir os grupos de forma que os alunos que tenham se destacado na

aula 6 fiquem separados, e auxiliem os alunos com destaque menor. As dúvidas que eles não puderem responder deverão ser sanadas pelo professor.

O professor deve ler o roteiro de atividades 3, antes da aplicação, para evitar quaisquer transtornos no momento de realizar as atividades. A atividade experimental consiste em obter o ângulo para o alcance máximo. Deverá ser calculado o alcance e a velocidade inicial de uma bola de gude. Todos os detalhes para a realização da atividade estão no roteiro de atividades 3.

Assim como nas outras atividades o roteiro deverá servir de base para medir o avanço dos alunos com o assunto de lançamento de projétil.

Materiais/Equipamentos: Quadro, pincel, apagador, datashow, notebook, caixa de som, papel e caneta. Materiais relacionados no roteiro de atividades experimentais 3.

ROTEIRO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Roteiro da atividade experimental 1

Nome do Experimento: calculando a velocidade média de uma corrida (Atletismo).

Objetivo:

Obter a velocidade média de uma corrida, dos alunos.

Link do vídeo:

https://drive.google.com/file/d/1uXe0JhFEBzExy941Gra_YybW0FwhS0hH/view?usp=sharing

Material:

1. Uma trena
2. Cronômetro (pode ser substituído pelo cronômetro do celular)
3. Giz
4. Quadra do colégio.
5. Faixa de TNT

Procedimento:

1. Realizar o experimento em grupo de 5 componentes.
2. Usar a trena para medir uma distância de 30 metros no chão da quadra, marcar com o Giz o ponto inicial e o ponto final (chegada) da corrida.
3. Dois alunos ficam com a faixa de TNT no ponto de chegada, com o cronômetro.

4. Um dos alunos vai ser usado com corredor, assim que ele ouvir o grito de “já” ele deve percorrer a pista de corrida feita com giz.
5. O aluno que estiver segurando o cronômetro deve marcar o tempo percorrido, assim que o aluno tocar a facha de chegada, o cronômetro deve parar.
6. O tempo deve ser anotado na tabela abaixo.
7. Todos os alunos devem correr, para obterem suas velocidades médias.

Atividade

1. Realize o procedimento experimental e preencha a tabela 1.

Tabela 1: Tabela de exercício Q1.1

Aluno	Distância (Δs)(m)	Tempo de corrida(s)	Velocidade média (m/s)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Observação: Organize de forma que o aluno que obteve maior velocidade fique em primeiro na tabela.

2. Qual dos alunos obteve o melhor tempo de corrida? Monte uma equação horária da velocidade (MU) para ele e outra para o seu tempo de corrida, depois faça um cálculo do espaço percorrido em 10 minutos.

3. Transforme sua velocidade média em Km/h. Em seguida, calcule o tempo gasto para chegar em Manaus, caso você decidisse ir correndo. Observação: A distância entre Manaus-Am e Itacoatiara-AM é de 270 km.

4. Estabeleça uma relação de proporcionalidade entre Δt e v com base na tabela acima. Justifique sua resposta.

5. Faça uma pesquisa em grupo a respeito do homem e da mulher mais rápidos do mundo, qual o seu nome e qual a sua velocidade média em m/s e Km/h?

6. Faça uma pesquisa a respeito de qual é o animal, terrestre, aquático e aéreo tem a maior velocidade média. Anote na tabela 2.

Tabela 2: Tabela de exercício Q1.6

Nome	Velocidade média (m/s)	Velocidade média (km/h)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Equações utilizadas em movimentos retilíneos uniforme:

$$v_m = \frac{\Delta S}{dt} \quad (1)$$

$$S = S_0 + vt \quad (2)$$

Roteiro da atividade experimental 2

Nome do Experimento: Movimento Retilíneo Uniformemente Acelerado.

Figura 1: Experimento de movimento acelerado. Na imagem vemos o experimento de dois ângulos diferentes.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Objetivo:

Calcular a aceleração e velocidade da bola de Gude em cada percurso. Fazer com que o aluno observe um exemplo real onde a aceleração aproximadamente constante.

Link do vídeo:

<https://drive.google.com/file/d/1RktUIsa2Ij83tBxY9bhQcimvSUhBzHx0/view?usp=sharing>

Material:

1. Cano de 1,2 metros
2. Bola de gude (ou bolinha de aço)
3. Trena
4. Cronômetro (pode ser substituído cronômetro do celular)
5. Caneta
6. Papel A4
7. Papel milímetro

8. Uma massa de modelar
9. Uma fita adesiva branca 24mm X 50 mm.

Montagem do experimento:

1. Recorte o cano de 1,2 metros de comprimento na vertical, de modo que os dois lados cortados continuem com 1,2 metros de comprimento.
2. Utilizando um dos lados, pegue a trena e faça 5 marcações: uma com 0 cm, a outra com 25 cm, a outra com 50 cm, a outra com 75 cm e a última com 100 cm.
3. Passe a fita adesiva branca em cima das marcações e escreva 0 cm na primeira marcação, 25cm na segunda marcação, até chegar em 100 cm.
4. Faça um apoio para o cano de aproximadamente 30cm. O apoio pode ser feito com vários tipos de materiais como papelão, madeira ou caixa de sapato.
5. Para finalizar a montagem, coloque a ponta com a marcação de 0 cm em cima do apoio e a de 100 cm fora do apoio, de modo que o cano fique com uma inclinação. Assim a bolinha de gude poderá descer a rampa.

Precedimento/Atividade:

1. Primeiro, vamos fixar o ângulo em 30° , depois coloque a bola de Gude na posição de 0 cm da rampa, em seguida, deixe a bola rolar até a posição 25 cm, anote o tempo gasto no percurso, reproduza a experiência 4 vezes e anote na tabela abaixo as tentativas. Repetir o procedimento para as distâncias de 50cm, 75cm e 100 cm. Anote os dados na tabela 3.

Tabela 3: Tabela de exercício Q2.1

Distância (cm)	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm
Tempo gasto				
1° tentativa				
2° tentativa				
3° tentativa				
4° tentativa				
Média do Tempo				

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

2. Utilizando a média do tempo, calcule a aceleração da bolinha de gude em cada percurso. Observação: Use a equação (1) e lembre-se que a velocidade inicial da bola de gude é zero e sua posição inicial também é zero.

3. Em grupo, analise o resultado encontrado na questão (2). O que podemos concluir a respeito da aceleração encontrada em cada percurso?

4. Vamos repetir o procedimento da questão 1 para o ângulo de 45° e anote os dados coletados na tabela 5.

Tabela 4: Tabela de exercício Q2.4

Distância (cm)	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm
Tempo gasto				
1° tentativa				
2° tentativa				
3° tentativa				
4° tentativa				
Média do Tempo				

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

5. Utilizando a média do tempo, calcule a aceleração da bolinha de gude em cada percurso, para o ângulo de 45° .

6. Com base na questão 5, podemos dizer que as acelerações para um ângulo de 45° é constante?

7. Vamos repetir o procedimento da questão 1 para o ângulo de 60° e anotar os dados na tabela 5.

Tabela 5: Tabela de exercício Q2.7

Distância (<i>cm</i>)	25 <i>cm</i>	50 <i>cm</i>	75 <i>cm</i>	100 <i>cm</i>
Tempo gasto				
1° tentativa				
2° tentativa				
3° tentativa				
4° tentativa				
Média do Tempo				

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

8. Obtenha a aceleração em cada percurso, depois obtenha a média das acelerações.

9. Com base na questão 8, podemos dizer que as acelerações para um ângulo de 60° é constante?

Equações utilizadas para Movimento Retilíneo Uniformemente Acelerado:

$$S = s_0 + v_0t + \frac{at^2}{2} \quad (1)$$

$$v = v_0 + at \quad (2)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(S - S_0) \quad (3)$$

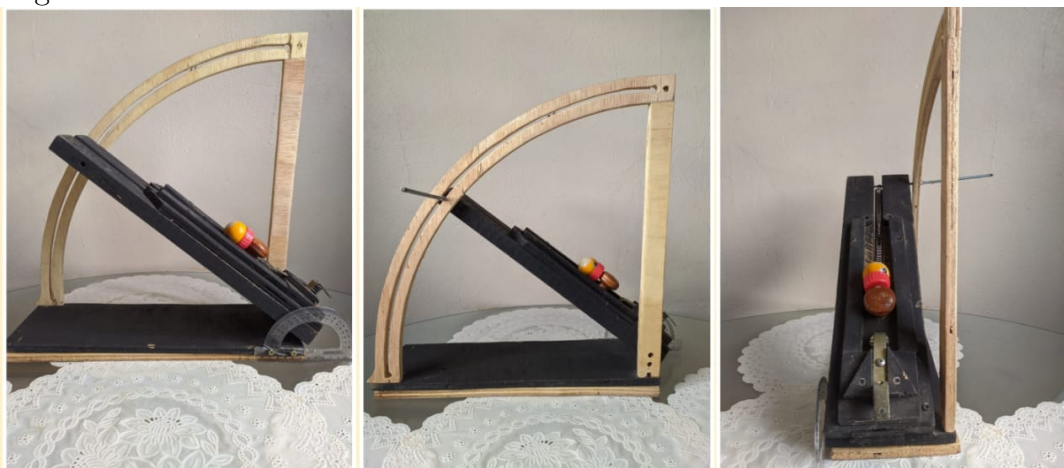
Roteiro da atividade experimental 3

Nome do Experimento: Lançamento oblíquo.

Objetivo: Obter o ângulo para o máximo alcance. Calcular o alcance e velocidade inicial da bola de gude.

Link do vídeo: https://drive.google.com/file/d/1JBjKtWMeBE7aWTBdoULiqIY8mDw_AbFy/view?usp=sharing

Figura 2: Experimentos de lançamento oblíquo. Na imagem vemos o experimento em três ângulos diferentes.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Material:

1. Experimento de lançamento oblíquo;
2. Uma bola de gude grande
3. Água;
4. Trigo;
5. Trena.

Procedimento:

1. O experimento deve ser feito em equipe, com cinco estudantes;
2. Ajuste o ângulo do experimento conforme a tabela do exercício;
3. Engatinhe o experimento de lançamento oblíquo, e deixe pronto para disparar; Antes de colocar a bolinha no lugar indicado, lembre-se de molhar e jogar trigo nela. Assim, quando a bola bater no chão ela vai deixar uma marca;

4. Um dos alunos da equipe deve usar uma trena para medir o alcance do disparo do projétil na horizontal;
5. Os dados devem ser preenchidos na tabela 7, e use o resultado para resolver as atividades.

Atividade

1. Pegue o experimento, ajuste o ângulo conforme a tabela 7, realize o disparo e anote a distância percorrida pelo projétil.

Tabela 6: Tabela de exercício Q3.1

Ângulo	Distância (Δs)
15°	
30°	
45°	
60°	
90°	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

2. Junto com seu grupo, faça uma análise a respeito da tabela 7, o que podemos concluir a respeito dos ângulos para qual a distância horizontal é máxima.

3. Faça uma pesquisa com o seu grupo, a respeito de quais esportes podem ser aplicados os conceitos físicos de lançamento oblíquo. E diga de que maneira o conhecimento de alcance máximo pode ajudar o atleta a ter um melhor desempenho.

4. Sabendo que a velocidade inicial é 8 m/s, use a equação do alcance e obtenha o alcance máximo do projétil. Depois compare com a distância achada no experimento para o ângulo de 45°.

5. Faça uma pesquisa a respeito da resistência do ar, falando sobre suas principais características.

6. Calcule a velocidade inicial da bola, usando o resultado da tabela 7.

Equações utilizadas em lançamento oblíquo:

Figura 3: Lista de equações para Movimento oblíquo

$v_x = v_0 \cdot \cos \theta$ $v_{0y} = v_0 \cdot \sin \theta$	Movimento vertical: MUV $y = v_{0y} \cdot t + \frac{\alpha}{2} \cdot t^2$ $v_y = v_{0y} + \alpha t$ $v_y^2 = v_{0y}^2 + 2\alpha y$ $\alpha = -g$ <small>(eixo orientado para cima)</small>
Movimento horizontal: MU $x = v_x \cdot t$	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Slide da sequência didática

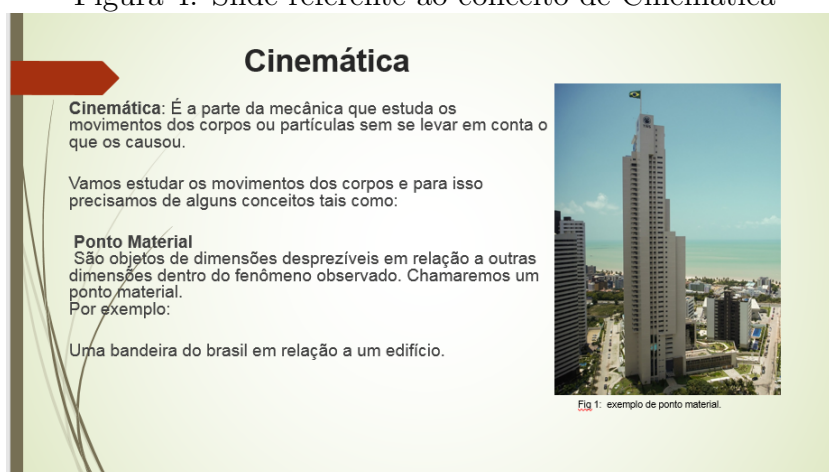
O slide da sequência encontra-se no link: <https://docs.google.com/presentation/d/1CF8adJZRFE1WKIPi90YSIkMwn9MMGMJd/edit?usp=sharing&ouid=113775670448018263672&rtpof=true&sd=true>

Dicas para o professor

Descrição da Aula 2

Na segunda aula, com o auxílio do data-show e de slides de apresentação, iniciaremos uma aula teórica de Física. O Primeiro conceito a ser abordado é o de Cinemática como podemos observar na foto 4.

Figura 4: Slide referente ao conceito de Cinemática



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

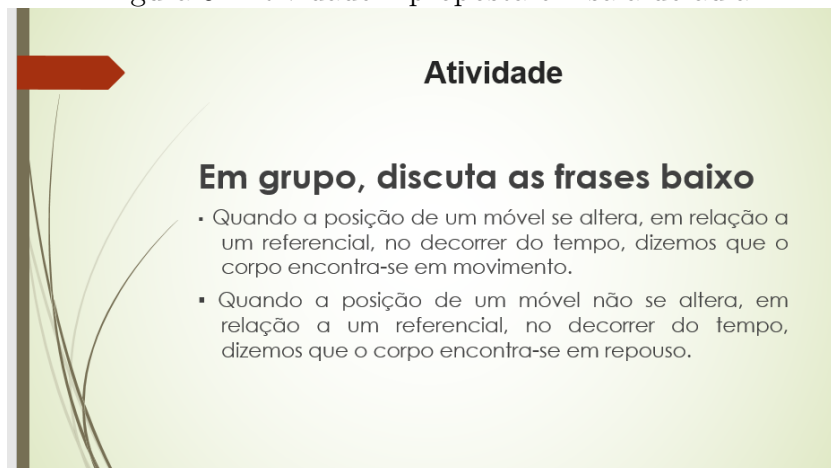
Em seguida, abordaremos o conceito de ponto material, conforme a figura 4. Nos slides 2,3,4,5,6 e 7 trataremos dos conceitos de corpo extenso, trajetória, referencial e deslocamento, respectivamente. É importante que o professor, além dos exemplos que há no slide, solicite aos estudantes que também dê outros exemplos que fazem parte do seu cotidiano, com isso promoveremos a interação entre professor e estudante, além de ter uma resposta de como o aluno está compreendendo o assunto.

Após a explicação dos conceitos, será proposta uma atividade para os alunos discutirem em grupo, essa atividade pode ser vista na figura 5. Nela os estudantes deverão refletir o que foi estudado em sala de aula sobre referencial móvel, corpos em repouso e movimento. É deveras importante que o professor deixe os grupos articularem sua resposta por conta própria. Depois, após elaborarem suas respostas, iniciaremos uma discussão curta a respeito dela.

Nessa discussão o professor poderá interferir, afim de induzir uma melhor resposta para todos os grupos. Esse método, promove uma interação entre os estudantes que terão um momento para refletir sobre o que foi estudado em sala de aula. Mas é importante

lembrar que, este momento não pode levar todo o tempo da aula, assim estipulamos um tempo de 10 minutos para esta atividade.

Figura 5: Atividade 1 proposta em sala de aula



Atividade

Em grupo, discuta as frases baixo

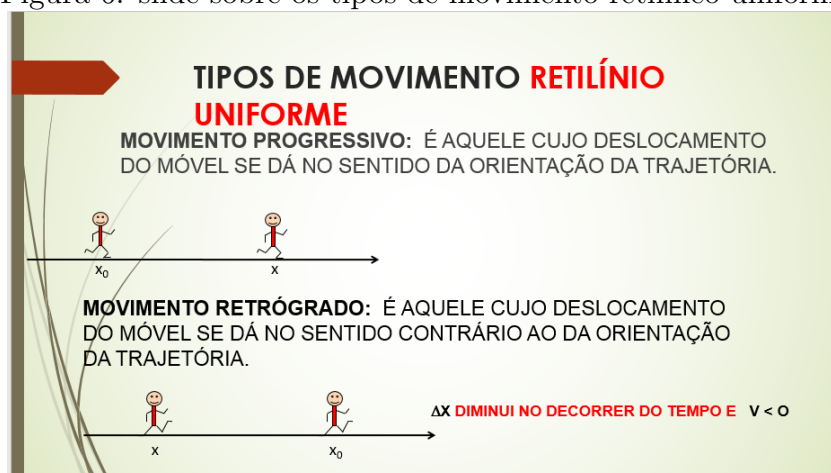
- Quando a posição de um móvel se altera, em relação a um referencial, no decorrer do tempo, dizemos que o corpo encontra-se em movimento.
- Quando a posição de um móvel não se altera, em relação a um referencial, no decorrer do tempo, dizemos que o corpo encontra-se em repouso.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A seguir, apresentamos os conceitos e definições de velocidade média e instantânea (slide 9 até 10). Antes de apresentarmos é importante que o professor possa perguntar dos alunos sobre o que lhes vem a mente quando eles ouvem a palavra velocidade. É normal que eles associem com a palavra rapidez, sendo assim devemos usá-la para orientar a aula.

Em seguida, apresentaremos a equação horária para um movimento uniforme e faremos três exercícios em sala de aula. Essa atividade constitui os slides 13 à 15, e deverá ser feita no caderno do estudante como um exercício individual.

Figura 6: slide sobre os tipos de movimento retilíneo uniforme



TIPOS DE MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME

MOVIMENTO PROGRESSIVO: É AQUELE CUJO DESLOCAMENTO DO MÓVEL SE DÁ NO SENTIDO DA ORIENTAÇÃO DA TRAJETÓRIA.

MOVIMENTO RETRÓGRADO: É AQUELE CUJO DESLOCAMENTO DO MÓVEL SE DÁ NO SENTIDO CONTRÁRIO AO DA ORIENTAÇÃO DA TRAJETÓRIA.

Δx DIMINUI NO DECORRER DO TEMPO E $v < 0$

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Conforme mostra a figura 6, o último tópico da aula será sobre tipos de movimentos

uniforme. Nela será comentado sobre o movimento progressivo e retrógrado. É importante salientar que, apesar do slide para orientar a aula, o professor deverá ter pleno domínio sobre o assunto. Essa aula terá duração de 50 minutos.

Descrição da Aula 3

A aula três é uma aula experimental que vai ser realizada na quadra do colégio. Para orientação da aula, foi preparado um roteiro de atividade experimental que conta com o nome do experimento, o objetivo, os passos procedimentais e as atividades propostas para serem desenvolvidas na aula. Nesse experimento os alunos deverão realizar os devidos procedimentos:

1. Realizar o experimento em grupo de 5 componentes.
2. Usar a trena para medir uma distância de 30 metros no chão da quadra, marcar com um giz o ponto inicial e o ponto final (chegada) da corrida.
3. Dois alunos ficam com a faixa de TNT no ponto de chegada e com o cronômetro.
4. Um dos alunos vai ser usado como corredor. Assim que ele ouvir o grito de “já” ele deverá percorrer a pista de corrida feita com giz.
5. O aluno que estiver segurando o cronômetro deverá marcar o tempo percorrido e assim que o outro aluno tocar a faixa de chegada, o cronômetro deverá ser parado.
6. O tempo deve ser anotado na tabela abaixo.
7. Todos os alunos devem correr, para obterem suas velocidades médias.

Após a realização dos procedimentos, os estudantes deverão realizar as atividades propostas no roteiro do experimento. Na questão 1, deverão preencher a tabela, anotando a distância percorrida e o tempo gasto na corrida. Em seguida, deverão calcular sua velocidade média e trocar informações com sua equipe para poder concluir o preenchimento da tabela. Tudo o que foi falado pode ser visto na figura 7.

Figura 7: Foto da tabela de exercício Q1.1 do produto educacional.

Tabela 1: Tabela de exercício Q1.1

Aluno	Distância (Δs)(m)	Tempo de corrida(s)	Velocidade média (m/s)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Na questão 2, o estudante deverá analisar a tabela da figura 7 e dizer qual dos alunos obteve o menor tempo de corrida e em seguida montar uma equação horária da velocidade para o movimento uniformemente variado, tanto para ele quanto para o aluno que obteve o melhor tempo. Após, deverão usar as equações horárias da velocidade para determinar o tempo gasto em 10 minutos de corrida.

Essa questão tem como característica principal fazer com que o estudante aprenda a manipular as equações de movimento retilíneo uniforme. E o fato dele está usando sua própria velocidade torna a aula mais interessante e motivacional.

Na questão 3, é pedido para que o estudante transforme sua velocidade média em quilometro por hora (Km/h) e depois calcule o tempo gasto caso o mesmo resolvesse ir correndo da cidade de itacoatiara-Am até a capital manaus, que fica a uma distância de 270 Km .

Nesse exercício, trabalhamos com algo muito interessante da experimentação que é a previsão de resultado. O estudante não precisaria ir correndo até a capital manaus para saber o tempo gasto em uma corrida até lá. É claro que o professor deverá orientar o estudante que nessa situação hipotética o estudante não deverá parar, ou seja, se trata de uma corrida contínua.

Na questão 4, o estudante deverá buscar estabelecer uma relação de proporcionalidade entre as grandezas Δt e v . Para que isso aconteça o professor deverá explicar rapidamente sobre as grandezas direta e inversamente proporcionais e pedir para o aluno analisar a tabela 1, que corresponde a figura 7.

Nessa questão procuramos trabalhar as relações de proporcionalidade que existem nas grandezas físicas Δt , Δx e v , pois acreditamos que o ensino de cinemática é uma ótima ferramenta para trabalhar grandezas diretamente proporcionais.

Na questão 5, será uma atividade de pesquisa, na qual os estudantes deverão fazer uma pesquisa sobre o homem e a mulher mais rápidos do mundo e comparar seus tempos de corrida com a dos atletas.

Essa atividade, possui como objetivo gerar entretenimento para as crianças, pois ao comparar sua velocidade com a velocidade da pessoa mais rápida do mundo, elas terão a consciência de como os atletas de esporte de auto rendimento do atletismo são extremamente velozes.

Para finalizar, na atividade 6 os estudantes deverão fazer uma pesquisa a respeito

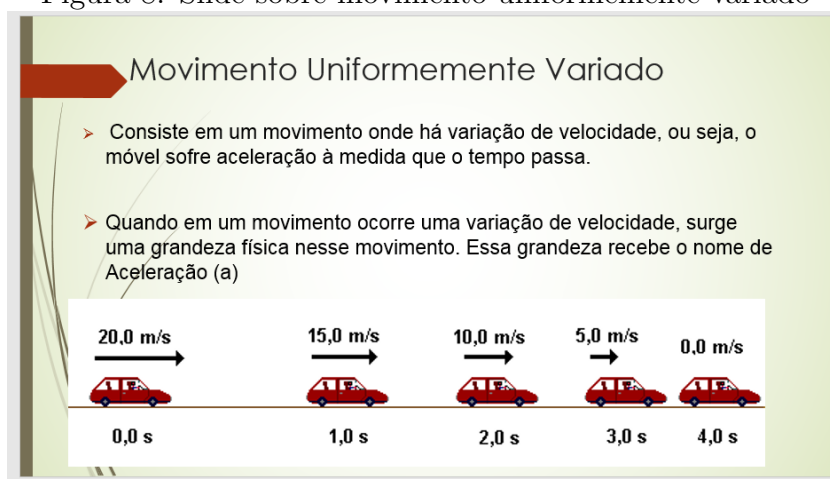
dos animais terrestres, aquáticos e aéreos que possuem maior velocidade média, para também comparar com as suas velocidades.

Esse exercício de pesquisa deve gerar interatividade e entretenimento aos estudantes que perceberem que em uma possível situação, ao serem perseguidos por um desses animais, não conseguiriam escapar destes.

Descrição da Aula 4

A aula 4 será uma aula teórica. Nesta aula vamos começar falando de movimento uniformemente variado, para isso preparamos um slide com o assunto. Primeiro, vamos definir o que é um movimento uniformemente variado, isso pode ser observado no slide que a imagem 8 mostra.

Figura 8: Slide sobre movimento uniformemente variado



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

É importante que o professor possa associar esse conhecimento ao cotidiano do aluno, sendo assim, deixamos a dica de usar a aceleração dos carros para exemplificar o slide.

Nos slides seguintes (22, 23 e 24) abordamos a aceleração média e instantânea. A intenção nessa parte da aula é fazer como que o estudante possa perceber a diferença entre as duas acelerações, para isso, usamos como exemplo o velocímetro de um carro que mede a velocidade a cada instante de tempo, para exemplificar a velocidade instantânea.

Em seguida, tratamos de falar sobre os tipos de movimento: acelerado e retardado. Essa aula está nos slides 25 e 26. Nesse ponto de partida estamos interessados, além de mostrar os dois tipos de movimento, em demonstrar para o estudante que nem sempre

a aceleração vai estar ligada ao aumento da velocidade e que quando a aceleração é negativa o carro muda de velocidade, mas ele perde velocidade em vez de ganhar.

Por fim apresentaremos as equações de movimentos para movimentos retilíneos acelerados, do slide 27 ao 32, vamos passar alguns exercícios com o intuito de fazer com que os estudantes aprendam a manipular as equações de movimento retilinear.

Ressaltamos que essa aula servirá de base para a próxima aula que envolve um experimento de aceleração. Sendo assim a aula 4, é uma aula para expor o conteúdo necessário para a aula experimental.

Descrição da Aula 5

Na aula 5, vamos realizar a execução de um experimento de aceleração média. Esse experimento encontra-se na foto 9. Para realizar essa atividade experimental foi elaborado um roteiro que contém: O nome do experimento, o objetivo, a montagem, o material utilizado e o procedimento/atividade experimental, que explica o passo a passo para realizar o experimento.

Figura 9: Experimento realizado na atividade experimental 2



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O experimento consiste em calcular a aceleração de uma bolinha de gude que desce uma rampa. Para realizar essa atividade devemos primeiro fixar o experimento em um determinado ângulo. Em seguida deixar a bola de gude na posição 0 (zero) e deixar ela rolar até a posição indicada na tabela da imagem 10. Isso pode ser exemplificado melhor

na imagem 10. Nela podemos observar que primeiro a bolinha deve sair da posição zero e ir até a posição de 25 cm. O tempo gasto nesse percurso deve ser anotado na tabela da imagem 10. Esse experimento é realizado para os ângulo de 30°, 45° e 60°.

Figura 10: Tabela da atividade experimental 2

Distância (cm)	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm
Tempo gasto				
1° tentativa				
2° tentativa				
3° tentativa				
4° tentativa				
Média do Tempo				

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Ao iniciar a aula o professor deverá formar grupos de 5 componentes e explicar aos estudantes como realizar o experimento, para isso, basta fazer uma leitura do roteiro junto com eles. Após a realização do experimento o aluno deverá responder as questões propostas.

Na, questão 1, o aluno deverá realizar o experimento e anotar os dados obtidos na tabela 10. O professor deverá ter cuidado para verificar se o aluno está realizando o experimento corretamente e responder as dúvidas que os estudantes eventualmente possam ter sobre a realização do experimento.

Na questão 2, o estudante deve usar seus conhecimentos sobre movimento acelerado e calcular a aceleração da bola de gude em todos os percursos. Ao todo ele terá que calcular quatro acelerações. O esperado é que ele perceba que ao iniciar o movimento tanto a velocidade inicial quanto a posição inicial têm valor zero. Em seguida ele deve usar a equação da posição em função do tempo, para movimento acelerado e achar as acelerações.

Caso o grupo de estudantes não perceba, o professor deve colocar a equação no quadro e explicar ao estudante, mas sem tirar sua autonomia.

Para que não dê muito trabalho aos estudantes, é lembrado que a atividade é realizada em grupo, cada estudante pode realizar o cálculo de um percurso, como são quatro

percussos, dois estudantes deverão realizar o cálculo de um percurso.

Na questão 3, o estudante deve analisar a resposta da questão. O esperado é que após ele acabar todos os cálculos ele perceberá que a aceleração é a mesma em todos os percursos, com isso ele perceberá que nesse experimento a aceleração é constante.

O valor das acelerações não dará exatamente o mesmo, vai apresentar diferença na terceira ou quarta casa depois da vírgula, então o professor deverá explicar que essa diferença aparece por vários fatores, por exemplo, o erro do instrumento de medida, no nosso caso, o tempo de reação na hora de usar o cronômetro. Outro erro seria a resistência do ar, o correto seria realizar o experimento no vácuo e por último, o atrito da bolinha com a superfície.

Nas questões 4, 5 e 6, é pedido o mesmo das questões 1, 2 e 3, respectivamente, a única coisa que vai mudar é o ângulo do experimento que será de 45° . Com isso, o valor da aceleração será diferente mas continuará constante. E esperamos que os alunos percebam isso.

Quando os estudantes estiverem respondendo as questões 7, 8 e 9, vão perceber que elas são similares as questões 1, 2 e 3, com a diferença que o ângulo é de 60° . Essa mudança no ângulo vai fazer com que o valor da aceleração seja diferente, mas o fato da aceleração ser constante durante o percurso não mudará.

Ao término da aula, o professor deverá recolher as atividades para avaliar os estudantes.

Descrição da Aula 6

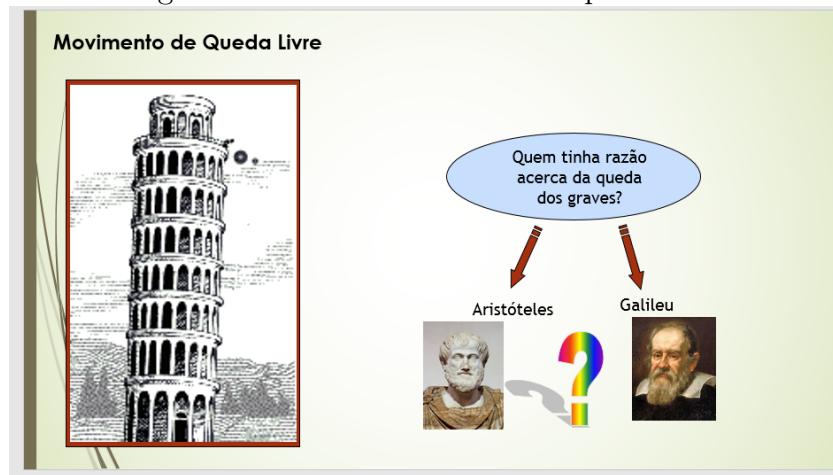
A aula 6, vai ser uma aula teórica onde vamos apresentar os conceitos e definições de lançamento de projétil. Nela abordaremos os assuntos de queda livre, lançamento oblíquo e lançamento horizontal. Esta aula servirá de base para o experimento de lançamento oblíquo.

Inciaremos nossa aula falando sobre queda livre, dentro desse assunto vamos apresentar as teorias de Aristóteles e Galileu pois elas tem ponto de vista diferentes. O esperado é criar um debate na sala sobre as duas teorias. Na imagem 11 podemos ver o slide que será apresentado sobre os dois pontos de vista. O professor deve perguntar “quem estava certo?” e ver as respostas do aluno, é um ótimo jeito de iniciar a aula.

Após o professor comentar sobre as duas teorias e apresentar a resposta correta para

os alunos, vamos apresentar as definições e equações que são usadas em queda livre.

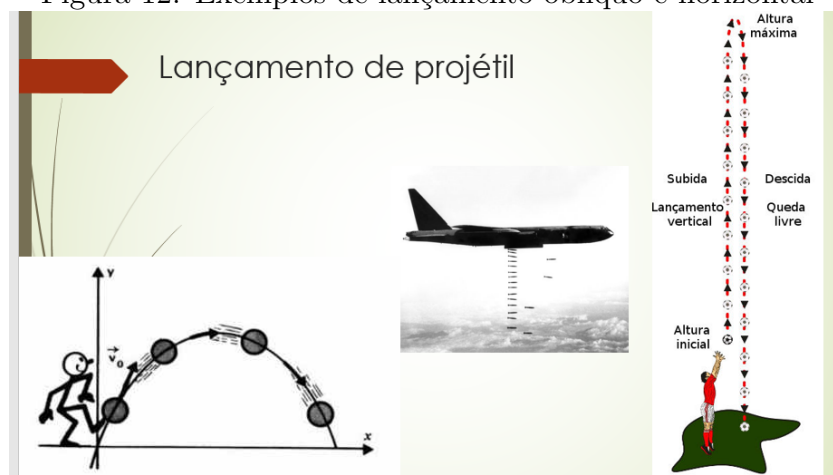
Figura 11: Slide sobre a aula de queda livre



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Depois vamos falar de lançamento oblíquo e lançamento horizontal (do slide 39 ao 48). Antes de iniciar o assunto o professor deverá mostrar alguns exemplos de lançamento oblíquo e horizontal, como o lançamento de bombas por aviões e lançamento de uma bola de basquete. Alguns desses exemplos são mostrados na figura ??.

Figura 12: Exemplos de lançamento oblíquo e horizontal



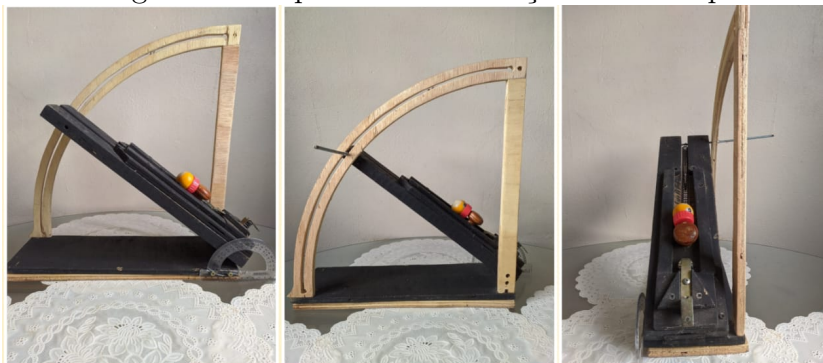
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em seguida apresentaremos todas as equações e conceitos referente ao tema, principalmente a parte de decomposição de velocidade e independência de movimentos. A intenção dessa aula é oferecer suporte teórico para o experimento de lançamento oblíquo.

Descrição da Aula 7

Nessa aula, será realizado a aplicação do experimento 3, vamos iniciar a aula fazendo as devidas explicações sobre o uso do experimento.

Figura 13: Experimento de lançamento oblíquo



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para manusear o experimento que está na figura 13 foi produzido um roteiro de atividades que contém o nome do experimento, o objetivo de realizá-lo e os procedimentos, detalhando o passo a passo de como utilizá-lo.

Ao iniciar a aula o professor deverá ler e pedir para que os estudantes sigam os seguintes procedimentos:

1. O experimento deve ser feito em equipe, com cinco integrantes;
2. Ajuste o ângulo do experimento conforme a tabela do exercício;
3. Engatilhe o experimento de lançamento oblíquo, e deixe pronto para disparar; Antes de colocar a bolinha no lugar indicado, lembre-se de molhar e jogar trigo nela. Assim, quando a bola bater no chão ela vai deixar uma marca;
4. Um dos alunos da equipe deve usar uma trena para medir o alcance do disparo do projétil na horizontal;
5. Os dados devem ser preenchidos na tabela 7, e use o resultado para resolver as atividades.

Em seguida, os estudantes devem realizar as atividades propostas no tópico “Atividade”. Na questão 1, tudo o que deve ser feito é a realização do procedimento e preencher a tabela 7

Tabela 7: Tabela de exercício Q3.1

Ângulo	Distância (Δs)
15°	
30°	
45°	
60°	
90°	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em seguida, na questão 2, o aluno deverá analisar a tabela anterior e escrever uma conclusão. O esperado é que o estudante perceba que o alcance máximo acontece para o ângulo de 45°.

Na questão 3, o aluno deverá fazer uma pesquisa sobre quais esportes estão relacionados com o assunto de lançamento oblíquo e relacionar estes esportes com o alcance máximo.

Na questão 4, o aluno deve obter o alcance máximo e depois comparar como os resultados obtidos na tabela 7. O esperado é que o aluno perceba que os resultados são parecidos e que a diferença aparece porque no experimento existe a resistência do ar. Esse é o momento perfeito para o professor falar sobre a resistência do ar.

Na questão 5, é um pesquisa sobre resistência do ar para melhorar o conhecimento sobre o assunto.

Na questão 6, devemos usar o resultado do exercício 1 para calcular o valor da velocidade inicial do projétil. Para isso, o professor deverá pedir para que os alunos observem a equação de alcance horizontal máximo e substituir todos os valores conhecidos. Ao final, o aluno deverá perceber que a única variável que vai faltar é a velocidade inicial. Sendo assim basta que o aluno calcule esse valor.

CONSIDERAÇÕES

Como resultado esperamos que a utilização de experimentos em sala de aula, associado a teoria sociocultural de Vygotsky, proporcione uma aula onde os estudantes possam participar e expor suas opiniões e, como consequência, a participação deve proporcionar um clima de descoberta e não apenas um momento de cópia de conteúdo em sala de aula.

A utilização dos conhecimentos prévios e a interação ente aluno/professor e aluno/aluno usada no livreto para apresentar aos estudantes novos conceitos, terá papel fundamental no bom desenvolvimento das aulas e na aprendizagem significativa dos conteúdos pelos estudantes.

Tendo em vista que o projeto não foi aplicado devido a pandemia, esperamos que os professores possam fazer bom uso desse material de ensino e sugerimos que caso o projeto seja aplicado em período de pandemia o professor tome todos os cuidados exigidos pela OMS para prevenir a COVID-19.

Referências Bibliográficas

- [1] GARTON, A. **Social interaction and the development of language and cognition**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1992.
- [2] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **FUNDAMENTOS DE FÍSICA: MECÂNICA**. 9.ed. Rio de Janeiro:LTC, 2012. v. 1. 340 p.
- [3] PETERNELLA, A.; VIEIRA, C.; GHEDIN, E. Vigotski e a Teoria Histórico-Cultural: Contribuições para a organização do ensino. In: GHEDIN, Evandro; PETERNELLA, Alessandra (Org.). **Teorias Psicológicas e suas implicações à Educação em Ciências**. Boa Vista: Editora da UFRR, 2016.
- [4] RAMALHO, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. **Os FUNDAMENTOS DA FÍSICA 1: Mecânica**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.
- [5] VYGOTSKY, L. S. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 2001.
- [6] VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 2. ed. brasileira. São Paulo: M. Fontes, 1988, 168 p.

Appendices

Apêndice B

Documentos sobre a análise do professores

Segue em anexo documentos sobre a análise feita pelos professores acerca da avaliação do produto educacional.