



A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO DE CINEMÁTICA

Roberto Vitorino dos Santos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Orientador: Ana Maria Osorio Araya

Presidente Prudente
Agosto de 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

S237i	Santos, Roberto Vitorino dos A importância da experimentação no ensino de física: um estudo de caso no ensino de cinemática. / Roberto Vitorino dos Santos. -- Presidente Prudente, 2020 73 p. : tabs., fotos Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente Orientadora: Ana Maria Osorio Araya 1. Experimentação em física. 2. Cinemática. 3. Acelerador magnético. 4. Ensino de Física. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ROBERTO VITORINO DOS SANTOS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA.

Aos 28 dias do mês de agosto do ano de 2020, às 14:00 horas, reuniu-se via Videoconferência, a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. ANA MARIA OSORIO ARAYA - Orientador(a) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Prof. Dr. ALEX LINO do(a) Campus de Caraguatatuba / Instituto Federal de São Paulo, Prof. Dr. MOACIR PEREIRA DE SOUZA FILHO do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de ROBERTO VITORINO DOS SANTOS, intitulada **A importância da experimentação no Ensino de Física: um estudo de caso no ensino de cinemática**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final **APROVADO**. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pela presidente da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. ANA MARIA OSORIO ARAYA

Prof. Dr. ALEX LINO

Prof. Dr. MOACIR PEREIRA DE SOUZA FILHO



VIDEOCONFERENCIA

VÍDEOCONFERÊNCIA

Dedicatória

Dedico esta dissertação a toda minha família e esposa, pelo apoio desde o início do mestrado até o presente momento, e aos meus queridos professores da FCT UNESP, em especial à minha orientadora Ana Maria Osorio Araya.

Agradecimentos

A Deus, pelo final desta etapa, que com suas bênçãos tornou este sonho possível.

À CAPES - O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À minha esposa e família por estarem sempre presente em todos os momentos e entender quando estive ausente por consequência deste trabalho.

À professora Dr.^a Ana Maria Osorio Araya, pela sua orientação, por compartilhar seu saber e suas experiências. Pela sua dedicação, simplicidade e acolhimento.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pelos ensinamentos e acompanhamento durante o mestrado.

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, em especial a FCT - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Presidente Prudente, pelo excelente trabalho prestado e pesquisas desenvolvidas, onde tornou possível a realização deste mestrado.

RESUMO

A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO DE CINEMÁTICA

Roberto Vitorino dos Santos

Orientador:
Ana Maria Osorio Araya

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Unesp, Campus de Presidente Prudente, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

A experimentação no Ensino de Física apresenta relevância quando utilizada de forma adequada. Além disto utilizar a experimentação junto a outras ferramentas para enriquecer o ensino, é um desafio para o professor, pois eles enfrentam dificuldades na realização de atividades práticas e teóricas no pouco tempo de aula destinado a esta disciplina, se comparado com o tempo dedicado às outras. Isto se agrava se falarmos da formação do professor e da condição de trabalho encontrada em muitas escolas, principalmente públicas. As reflexões sobre a experimentação e como fazer para relacionar teoria e prática, são objetivos deste trabalho de construção de um acelerador magnético para a aprendizagem de conceitos de massa, velocidade e energia. A construção do equipamento em parceria professor-aluno, evidencia a importância de atividades práticas em sala de aula, aproximando os alunos do universo científico e consequentemente gerando uma aprendizagem significativa. Utilizando materiais de fácil aquisição foi confeccionado um acelerador magnético com o intuito de apresentar os conceitos de forma mais interessante e significativa, como mostram os resultados. No produto educacional apresentado como apêndice, podemos apreciar todas as atividades desenvolvidas nas aulas incluindo atividades teóricas e práticas e uma sequência didática que pode ser utilizada pelos professores de Física no planejamento das aulas.

Palavras-chave: Experimentação em Física. Cinemática. Acelerador magnético. Ensino de Física.

ABSTRACT

THE IMPORTANCE OF EXPERIMENTATION IN PHYSICS TEACHING: A CASE STUDY IN KINEMATICS TEACHING

Roberto Vitorino dos Santos

Advisor

Ana Maria Osorio Araya

Master's Dissertation submitted to the Graduate Program of Unesp, Presidente Prudente Campus, in the Professional Masters Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requisites required to obtain a Master's Degree in Physics Teaching

Experimentation in Physics Teaching is relevant when used properly. In addition to using experimentation with other tools to enrich teaching, it is a challenge for the teacher, as they face difficulties in carrying out practical and theoretical activities in the short class time devoted to this discipline, compared to the time dedicated to others. subjects. This is aggravated if we talk about teacher training and the work condition found in many schools, mainly public ones. Reflections on experimentation and how to link theory and practice are the objectives of this work on building a magnetic accelerator for learning the concepts of mass, speed, energy. The construction of the equipment in a teacher-student partnership shows the importance of practical activities in the classroom, bringing students closer to the scientific universe and consequently generating significant learning. Using materials of easy acquisition, the accelerator was made and the concepts were presented in a more interesting and meaningful way, as shown in the results presented. The educational product developed presents the entire process including activities, form of work and a didactic sequence that can be used by physics teachers.

Keywords: Physics experimentation. Kinematics. Magnetic accelerator. Physics teaching.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Equações de Maxwell na forma diferencial.....	16
Quadro 2 - Descrição e objetivos da sequência didática aplicada	27
Quadro 3 - Dados da Filmagem para determinar a velocidade média e instantânea	38
Quadro 4 - Dados da filmagem para determinar a aceleração	39
Quadro 5 - Anotações para a quantidade de movimento.....	41
Quadro 6 - Lançamento Horizontal	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - V de Gowin	09
Figura 2 - Ilustração da Colisão	19
Figura 3 - Início da montagem experimental	19
Figura 4 - A esfera de aço com aceleração cada vez maior	19
Figura 5 - Colisão das esferas com o ímã.....	20
Figura 6 - A próxima esfera é lançada com velocidade V_1	20
Figura 7 - Gráfico de espaço x tempo	22
Figura 8 - Gráfico $S \times t$	22
Figura 9 - Gráfico Velocidade Instantânea	23
Figura 10 - Esquema da montagem experimental - vista frontal	32
Figura 11 - Montagem experimental - vista lateral	34
Figura 12 - Início do Roteiro Experimental I.....	35
Figura 13 - Esferas duas em duas	35
Figura 14 - Esfera de Lançamento.....	36
Figura 15 - Quantidade de movimento.....	40
Figura 16 - Adaptação para Lançamento Horizontal.....	41
Figura 17 - Questão 1	46
Figura 18 - Questão 2	47
Figura 19 - Questão 3	47
Figura 20 - Questão 4	48
Figura 21 - Questão 5	49
Figura 22 - Questão 6	50
Figura 23 - Questão 7	50
Figura 24 - Questão 8	51
Figura 25 - Questão 9	51
Figura 26 - Questão 10	52
Figura 27 - Questão 11	52
Figura 28 - Questão 12	53
Figura 29 - Questão 13	54
Figura 30 - Questão 14	54

Sumário

1. Introdução	01
1.1. Objetivo Geral	03
1.2. Objetivo Específico	04
2. Justificativa e Referenciais	05
2.1. A Importância da Experimentação	06
2.2. Aprendizagem Significativa e contextualizada	09
3.0. Conceitos utilizados nesta dissertação	13
3.1. Introdução ao eletromagnetismo	13
3.2. Conceitos Básicos	14
3.3. Campo Magnético	15
3.4. Equações de Maxwell	16
3.5. Aplicações	16
3.6. Acelerador Magnético	17
3.7. Velocidade Média	21
4. Metodologia e Procedimento Metodológico	24
4.1. Características da pesquisa	24
4.2. Locais e sujeitos da pesquisa	25
4.3. Etapas da Pesquisa	25
4.4. Levantamento dos conhecimentos prévios	29
4.5. Atividades experimentais	30
4.6. Experimento para determinação da velocidade média	32
4.7. Determinação da Velocidade Instantânea e Aceleração	38
4.8. Observação de Colisões Elásticas - Quantidade de Movimento (Abordagem Qualitativa - análise visual de colisões das esferas	40
4.9. Lançamento Horizontal	41
5. Resultados	44
5.1. Apresentação dos dados tabulados	45

6. Considerações Finais	56
Referências Bibliográficas	59
Apêndice A	61
Apêndice B	62
Apêndice C	65

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.”

Leonardo da Vinci

1- INTRODUÇÃO

A tarefa de professor de Física trouxe, para minha experiência profissional, algumas inquietações particulares na escolha da metodologia mais apropriada para o ensino de Física, me levando a utilizar experimentações em sala de aula, tendo percebido a importância da experimentação nas aulas, mas sempre tive dúvidas sobre quando e como fazer experimentos, principalmente no ensino de cinemática e dinâmica.

O fato de fazer este mestrado mostrou que o professor também pode utilizar as metodologias que tem surgido nas últimas décadas e fazer do Ensino de Física um processo contextualizado e significativo para o aluno. A proposta é contribuir com o ensino de Física no estudo da Cinemática.

O ensino de Física, tem sido assunto de muitos estudos e pesquisas realizadas por diversas Universidades e autores, e a importância da experimentação no ensino de ciências, especificamente em Física, tem sido um dos temas analisados. Durante as aulas de Física, é possível perceber a dificuldade ou, até mesmo, impossibilidade de o aluno relacionar a teoria apresentada em sala com atividades do cotidiano ou com a ciência apresentada nas mídias, comprometendo-se, assim, a aprendizagem do conteúdo, e dificultando o processo ensino-aprendizagem, ou seja, podemos inferir que o aluno não relaciona o conhecimento científico em situações do seu cotidiano, o que pode comprometer a capacidade de compreender a teoria.

Atividades experimentais promovem a interação do aluno com o objeto ou teoria estudado, sendo estas um elemento facilitador da aprendizagem. Além disto nestas atividades temos a observação, análise, exploração, planejamento e levantamento de hipóteses que permitem aos alunos desenvolver suas habilidades, tornando a aprendizagem mais significativa e contextualizada, pelo estabelecimento de vínculos entre conceitos físicos e fenômenos naturais. Como argumentado por Freire (1997) e Bazin (1987) a experimentação e experiências de ensino não formal de ciências, podem ser excelentes metodologias para a aprendizagem, ao contrário

da simples memorização da informação, método tradicionalmente empregado nas salas de aula.

Aliado a estas questões tem-se o grande desafio de tornar o ensino de Física prazeroso e instigante sendo capaz de desenvolver no aluno a educação científica fazendo-o alcançar o conhecimento e permitindo que este tenha sentido para ele e possa ser utilizado na compreensão da realidade que o cerca. Sendo assim, cabe ao professor inovar suas metodologias, procurando meios e formas de atender a demanda desses “novos alunos” presentes nas escolas hoje, onde há a necessidade de valorizar o aluno, seu conhecimento prévio e seu contexto educacional.

Segundo Perrenoud (1999, p. 30): "Competência é a faculdade de mobilizar um conjunto de recursos cognitivos (saberes, capacidades, informações, entre outros) para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações". Sendo assim o professor tem que criar todas as condições necessárias para que o aluno adquira todas as competências e habilidades para resolver qualquer situação que envolva o assunto abordado, facilitando o desenvolvimento das competências e habilidades necessárias para o conteúdo.

Isto implica em mudanças no processo ensino aprendizagem e desafios para o professor romper com modelos de ensino tradicionais e ultrapassados. Isto significa obter novos conhecimentos por meio de uma formação continuada para o professor, fundamentada na análise das Diretrizes Curriculares para a Formação do Professor da Educação Básica. Virgínio (2001) afirma que,

“No campo da formação do profissional docente, o profissional competente é aquele que sabe pôr em prática todo seu background de recursos mobilizáveis em determinadas situações, sabe refletir sobre a e na ação, agindo com urgência e na incerteza. Para caracterizar-se como prático reflexivo, contudo, suas competências de referências devem ser definidas pelo coletivo ao qual pertence. Ou seja, as competências profissionais do professor reflexivo envolvem saberes teóricos e saberes práticos (saberes da prática e saberes sobre a prática)”, (VIRGÍNIO, 2001, p. 48).

Também é importante ressaltar que o conceito de educação, presente nas novas diretrizes curriculares, é firmado em quatro Pilares, que são: *aprender a*

conhecer, aprender a fazer, aprender a viver com os outros e aprender a ser. Estes são os pilares fundamentais para um bom trabalho docente, levando em conta a boa relação entre a informação e a comunicação, adaptadas à sociedade (DELORS, 2012).

Levando em consideração o que foi discutido até aqui, este trabalho busca proporcionar aos alunos do Ensino Médio a experimentação e melhorar a aprendizagem da Física, abordando os diversos conceitos de maneira lúdica e dinâmica. A intenção, ao despertar o interesse pela disciplina e pelos conteúdos trabalhados, é fazer com que os alunos compreendam a relação entre a teoria e a prática, ou seja, suprir a dificuldade que nossos alunos apresentam nas aulas de Física em relacionar-se com a Cinemática, por exemplo, evidenciando a importância de se ter aula experimental para despertar o interesse dos mesmos.

Desta forma, o acelerador magnético, foi pensado de tal forma a suprir a falta de criatividade no ensino de Física, atraindo a atenção dos alunos. Quanto à metodologia aplicada, as atividades propostas, desde o levantamento de conhecimentos prévios, passando pelo desenvolvimento do experimento em grupos de alunos, procurou oportunizar as discussões em grupo, permitindo que houvesse uma melhor compreensão da situação problema estudada, levando-os a tomar gosto pela disciplina, quebrando tabus, interpretando cálculos e situações do cotidiano, evidenciado na aplicação do questionário após o experimento.

Uma atividade experimental aliada à teoria proporciona ao aluno a oportunidade de colocar em prática estes quatro pilares, orientado pelo professor. Logo, a proposta deste trabalho de mestrado vai responder: *“Como podemos ensinar conceitos de cinemática de forma significativa e contextualizada para o aluno, utilizando a experimentação?”*. Com base nesta pergunta propomos os seguintes objetivos:

1.1 Objetivo Geral

conhecimentos científicos utilizando a experimentação, com o intuito de verificar que ela pode contribuir efetivamente no processo ensino-aprendizagem, garantindo um aprendizado significativo por parte do aluno.

1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver as habilidades e competências necessárias para apropriação dos conceitos de velocidade média e aceleração através da experimentação;
- Trabalhar unidades de medida do Sistema Internacional;
- Propor alternativas metodológicas para trabalhar quantidade de movimento, velocidade instantânea e lançamento horizontal;
- Despertar o caráter investigativo no aluno no quesito experimentação;
- Utilizar as tecnologias, tais como: o uso de celular para filmagem e o uso de aplicativos para edição de imagens na obtenção dos dados necessários para os cálculos.

“O desejo profundo da humanidade pelo conhecimento é justificativa suficiente para nossa busca contínua.”

Stephen Hawking

2. JUSTIFICATIVA E REFERENCIAIS

Ainda que as teorias educacionais tenham evoluído sobremaneira, as práticas metodológicas do professor, muitas vezes, não as acompanham com a mesma velocidade. Por inúmeras vezes, é comum que nós, professores, ensinemos aos nossos alunos como fomos ensinados por nossos mestres a 20 ou 30 anos atrás, ou seja, reproduzimos o modelo vivido por nós na escola. Por mais que tenhamos consciência da necessidade de mudanças, continuamos atrelados a modelos tradicionais e obsoletos que não contribuem em nada para a mudança do sistema educacional vigente. Muitas são as justificativas, desde carga horária excessiva, falta de Aulas para o Trabalho Pedagógico Coletivo, ATPC ou HTPC (hora de trabalho pedagógico coletivo, dependendo do Estado e/ou sistema de educação) e até mesmo a acomodação. Consequentemente, muitos são os entraves para acompanhar o desenvolvimento tecnológico e científico e a evolução histórica das teorias da aprendizagem. As práticas atuais ainda estão longe de atingir os seus reais objetivos e costumam valorizar a aquisição de conhecimentos isolados e descontextualizado em detrimento de uma prática que transfira e construa competências.

Diante disso, devemos realizar algumas mudanças e desenvolver práticas pedagógicas que contribuam para o sucesso do fazer pedagógico, repensando a prática pedagógica, promovendo as correções necessárias à otimização do processo e, se necessário, alterando as aulas. Entretanto, para que isso aconteça, é necessário que o professor saia de sua zona de conforto e se proponha a abandonar um modelo pronto, pesquise e estude novas metodologias. Eis o desafio: buscar práticas que privilegiem um aprendizado transformador, e que realmente atenda aos quatro pilares da educação, mencionados anteriormente, que são: aprender a conhecer; aprender a fazer; aprender a viver e aprender a ser (DELORS, 2012).

2.1 A Importância da Experimentação

A experimentação no ensino de Física é uma atividade alternativa para facilitar o desenvolvimento da curiosidade, do hábito de questionar e evita que as ciências sejam interpretadas como algo inerte e inquestionável, sendo indispensável para o desenvolvimento de determinadas habilidades em Física (BRASIL, 2000), tais como: a Identificação, caracterização e estimativa de grandezas do movimento e a observação de movimentos do cotidiano – distância percorrida, tempo e velocidade, proporcionando assim, ao aluno, uma ferramenta para a construção do conhecimento (BRASIL, 2000).

Apesar da importância que a atividade experimental tem no ensino da Física, ainda é pouco aplicada no dia-a-dia das escolas. No ensino tradicional, o educador transmite informações aos alunos de forma mecanizada não trazendo o aluno ao seu cotidiano, dando a ele o papel de simples ouvinte (Guimarães, 2009). Isso torna o momento de estudo sem relevância e sem relação com que o aluno costuma vivenciar para relacionar a ciência com o mundo ao seu redor. Ainda, segundo Guimarães,

No ensino de ciência, a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamento de investigação. Nesta perspectiva, o conteúdo a ser trabalhado caracteriza-se como resposta aos questionamentos feitos pelos educandos durante a interação com o contexto criado (GUIMARÃES, 2009, p.198).

Portanto, podemos compreender que no laboratório, se realizam atividades que proporcionam a discussão entre os alunos, normalmente realizadas em pequenos grupos, o que os aproxima entre si e, ainda, permite uma relação mais direta entre eles e o professor.

Seré, Coelho e Nunes (2003), concebem a experimentação como uma forma de favorecer o estabelecimento de um elo entre o mundo dos objetos, o mundo dos conceitos, leis e teorias e o das linguagens simbólicas. Como explicitado pelos autores a experimentação leva a refletir sobre a validade de uma teoria,

Assim, ao resolver um problema aplicando as leis de Newton, geralmente, encontra-se um único resultado. Ao contrário, ao pedir ao aluno que meça um parâmetro, o professor tenta fazê-lo perceber que o resultado é uma informação, um meio de comunicação entre duas

pessoas, duas comunidades e que ele vai julgar esse parâmetro sem ter que fornecer um único resultado (SERÉ et Al, 2003, p.31).

Os autores Moreira e Levandowski (1983), destacam três abordagens importantes para o laboratório experimental:

1- Laboratório programado

Esta abordagem tem como método fazer atividades experimentais com o princípio de instrução programada e visa atingir o aprendizado através de assimilação de conhecimentos. Segundo os autores (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983, p.13) o laboratório programado procede da seguinte maneira: é aquele no qual os guias ou roteiros são baseados nos princípios da instrução programada. Isto é: o procedimento dos roteiros é dividido em passos relativamente pequenos, com participação ativa do estudante em cada passo, verificando de imediato o acerto (ou erro) que fez, trabalhando em ritmo próprio para, ao final, ser testado (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983, p.13).

2- O laboratório com ênfase na estrutura do experimento

Enfatizado na identificação por parte do aluno (esse talvez penda mais para o método não estruturado). Essa abordagem é provavelmente a que se aproxima mais da realidade vivenciada hoje na maioria das escolas. É complicado mencionar se é a maneira mais correta de desenvolver a experimentação, mas é uma alternativa mais acessível no ensino de Física. Os autores Moreira e Levandowski (1983) entendem essa abordagem como:

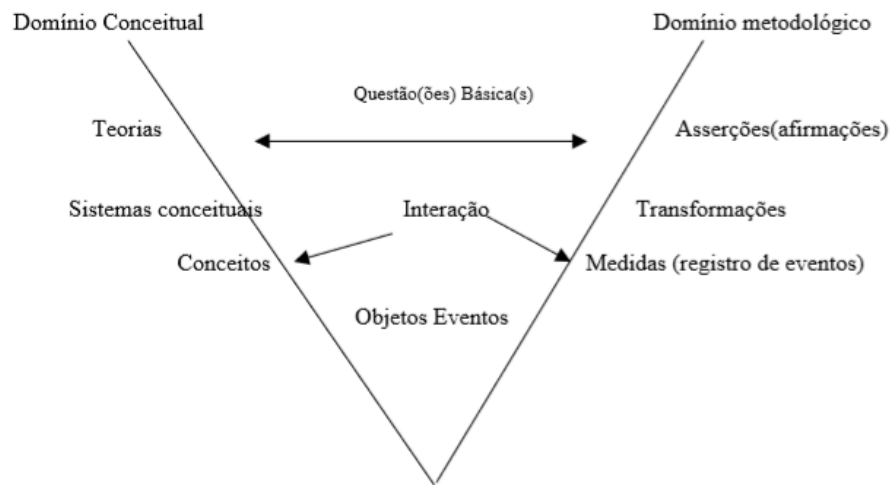
“ [...] Por estrutura de um experimento de laboratório, portanto, entende-se a identificação das diversas partes componentes do experimento, a descrição da função de cada parte, bem como das relações funcionais entre estas partes. (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983, p.59). Os educandos recebem kits com material de laboratório, realizam o experimento com liberdade de tirarem conclusões sobre o experimento, e com os resultados obtidos apresentam diferentes conclusões, aí vem a intervenção de o educador interpretar os resultados obtidos. A partir daí se conclui que esta abordagem é um importante recurso a ser utilizado nas aulas de Física, visto que pode facilitar ao educando a aprendizagem de conceitos físicos classificados como de difícil compreensão, e pode para o educando ainda tornar mais claro o entendimento de princípios físicos, relações e leis físicas” (Moreira e Levandowski 1983).

3- O laboratório sob um enfoque epistemológico

Este método procura aprofundar a questão da natureza do conhecimento e de como ele é produzido, pois é analisado de um ponto de vista epistemológico (como o conhecimento é construído). Para auxiliar no entendimento da estrutura epistemológica dos experimentos o método propõe um modelo heurístico (método analítico) chamado “V de Gowin” (1981) o qual está representado na figura 1.

Esse método, deixa muito bem explicado que é necessário haver a interação entre o Domínio Conceitual (Pensar) e o Domínio Metodológico (Fazer) para ocorrer uma aprendizagem significativa do conteúdo abordado, já que as respostas exigem uma interação ativa entre o lado direito e esquerdo do V de Gowin, figura 1, abaixo (MOREIRA; LEVANDOWSKI, (1983, p. 11). Como exemplo, podemos citar o conteúdo programático de cinemática. Tal conteúdo só fica perfeitamente compreendido, quando o aluno consegue entender o conceito e o aplica, ou seja, ele mesmo comprova que a velocidade média nada mais é que a taxa de variação da posição de um objeto em relação a um referencial em função do tempo. Assim, o aluno, decodifica a relação entre velocidade, as unidades m/s ou km/h com a equação e sua aplicabilidade. Como exemplo de repostas de alunos que não decodificaram o assunto de Cinemática, é válido citar que é muito comum na sala de aula depararmos com a seguinte situação: o professor levanta uma suposição ao aluno, afirmando que está em uma rodovia com seu automóvel e se depara com uma placa de orientação da mesma, dizendo: “próximo posto de combustível está a cerca de 15 min”. Caso o motorista faça em tempo menor que 15min, o motorista (professor) será multado? E, equivocadamente, muitos alunos respondem que não, alegando que o motorista está com uma velocidade menor que a permitida, ou seja, esses alunos ainda não compreendem o que determina o V de Gowin, ou seja, não conseguem relacionar o domínio conceitual com o domínio metodológico, incumbindo ao professor desenvolver essa habilidade com seus alunos (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983, p. 11).

Figura 1- V de Gowin



Fonte: MOREIRA; LEVANDOWSKI, (1983, p. 11)

Vale a pena ressaltar que de acordo com os autores mencionados anteriormente, a forma mais comum de experimentação no ensino de Física é o que Moreira e Levandowski (1983) chamam de “laboratório programado”: um laboratório “altamente estruturado”, uma vez que “o aluno é guiado passo a passo, ao longo do procedimento experimental”. Ainda de acordo com os autores, o “laboratório programado” não tem como objetivo a “redescoberta”, mas sim a “ilustração e facilitação da aprendizagem de conteúdo”. Isso pressupõe uma visão pedagógica para a qual a experimentação é apenas um suporte para a Física teórica.

2.2 Aprendizagem significativa e contextualizada

Partindo dos princípios da aprendizagem significativa de David Ausubel, a aprendizagem significativa é uma aprendizagem relacional. Está relacionada com os conhecimentos prévios e experiências vividas. Supõe uma modificação ou uma maneira de complementar nossos esquemas ou representações da realidade, conseguindo desta forma uma aprendizagem mais profunda. Não são simplesmente dados memorizados, mas sim um marco conceitual sobre como vemos e interpretamos a realidade que nos rodeia.

Um aspecto chave deste tipo de aprendizagem é a relação cíclica existente entre nosso marco conceitual ou esquemas e a percepção da realidade material. Nós

observamos a realidade material e, graças a nossos conhecimentos e esquemas prévios (marco conceitual), construímos uma representação dela. Ao construir uma representação da realidade, esta se incorpora em nosso marco conceitual, mudando ou complementando nosso conhecimento e esquemas. Desta maneira, as representações adicionadas influenciarão a criação de novas representações, criando assim um ciclo “representação – novo marco conceitual – representação” (Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel).

A aprendizagem significativa é uma proposta contra a aprendizagem puramente mecânica, e propõe uma aprendizagem que tenha uma "estrutura cognitivista", de modo a intensificar a aprendizagem como um processo de armazenamento de informações que, ao agrupar-se no âmbito mental do indivíduo, seja manipulada e utilizada adequadamente no futuro, através da organização e integração dos conteúdos aprendidos significativamente (Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel)..

Esta aprendizagem foi proposta pela primeira vez por David Paul Ausubel, de origem judia, que depois do estudo no Canada e após sua formação resolve dedicar-se à educação no intuito de buscar as melhorias necessárias ao verdadeiro aprendizado. Ausubel publicou seus primeiros estudos sobre a teoria da aprendizagem significativa em 1963 e desenvolveu-a durante as décadas de 1960 e 1970 (MASINI e MOREIRA, 2008, p. 15-16).

A Teoria da Aprendizagem Significativa, apresenta um enfoque cognitivista porque se embasa nos princípios organizacionais da cognição, buscando valorizar o conhecimento e o entendimento das informações, para que as mesmas não sejam apenas memorizadas. Sua teoria valoriza os conhecimentos prévios que os indivíduos trazem em sua estrutura cognitiva, chamado também de subsunçores. É um fato notório que o aluno não é uma tábula rasa como considera os processos de ensino tradicional. Pelo contrário, eles apresentam várias concepções da Física, denominadas de Concepções Alternativas ou Concepções Espontâneas que, na maioria das vezes permanecem, mesmo depois que o professor apresentou os conceitos aceitos pela comunidade científica. São explicações ontogênicas que permanecem estáticas na cognição do aluno (AUSUBEL, 1978, p.88). Nesta teoria, o

professor deve ficar atento não apenas às respostas dos seus alunos, mas também às questões que eles levantam para, assim, compreender sua estrutura cognitiva.

A aprendizagem significativa garante que o novo conhecimento interaja com os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Isso quer dizer que a aprendizagem só ocorre com a articulação dos conteúdos de maneira substantiva e não literal, por meio de uma conexão com uma estrutura de conhecimentos específicos, concebido pelo subsunçor (Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel).

O subsunçor é uma estrutura que torna possível a interação entre a nova informação e o cérebro do indivíduo, ou seja, é a ponte que faz a ligação do que o aluno conhece com o novo conceito, desenvolvendo um novo subsunçor que será integrado à estrutura cognitiva do aluno. Os subsunçores são ainda organizadores e detentores de um sistema que armazena toda a informação prévia dos indivíduos (Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel).

Contextualizando sobre as atividades experimentais, que é o nosso objetivo principal, Ausubel 1978 argumenta que as atividades desenvolvidas em sala (ou laboratório) seguindo regras, como as receitas de bolo, sem o mínimo da compreensão dos fundamentos envolvidos no processo, não irá garantir uma qualificação necessária e suficiente sobre método científico. Ausubel esclarece ainda que, não basta somente ter laboratórios ou salas cheias de equipamentos e materiais de experimentação que apenas tenha a função de atender as demandas curriculares ou para apenas causar uma impressão, tanto nos alunos, quanto em seus pais, pois mesmo com todo esse aparato não há garantias de que as atividades experimentais irão garantir uma aprendizagem significativa.

Para tornar essas atividades experimentais um processo de aprendizagem significativa para os sujeitos, pode-se desenvolver um questionamento que irá servi-lo como orientação durante o processo de experimentação. Dessa maneira, o professor age, sabendo que seus alunos e alunas já possuem um conhecimento mínimo sobre o assunto a ser trabalhado, e que esse conhecimento é incompleto de natureza e que deverá haver um embate entre o conhecimento dos seus indivíduos com o conhecimento científico. Moreira usando as palavras do autor David Ausubel, articula que: “[...] o fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que

o aluno já sabe. Descubra isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL apud MOREIRA, 1999; p. 163).

Portanto, para Ausubel (1999) o experimento sempre deve levar em consideração os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, em que o conhecimento científico se desenvolva por meio de trabalhos relacionados aos conceitos históricos, culturais e sociais. Isso permite que os indivíduos consigam desenvolver a sua capacidade de raciocínio sem ter o objetivo de memorizar os conceitos e as equações que lhe são abordados em sala. Assim, os conceitos que forem ser desenvolvidos devem ser disponibilizados em forma de materiais que podem ser relacionados com a estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não literal e não arbitrária (MOREIRA, 2010, p. 2), em que *não arbitrária* indica um conhecimento relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende, denominado por Ausubel, como *subsunção* ou ideia-âncora. Já o material potencialmente significativo é aquele capaz de dialogar, de maneira apropriada e relevante, com o conhecimento prévio do estudante.

*“Você não pode ensinar nada a ninguém, mas
pode ajudar a pessoas a descobrirem por si
mesmas.”*

Galileo Galilei

3- CONCEITOS UTILIZADOS NESTA DISSERTAÇÃO

- Introdução ao eletromagnetismo
- Conceitos básicos e Campo Magnético
- As equações de Maxwell
- Aplicações
- Acelerador magnético
- Velocidade Média

3.1 Introdução ao eletromagnetismo

A palavra magnetismo tem origem na Grécia antiga. Em uma cidade chamada Magnésia foi observado um minério com a propriedade de atrair objetos de ferro. A este minério foi dado o nome de magnetita. Os gregos já sabiam, há mais de 2000 anos, que certas pedras da região da Magnésia (na Ásia Menor) se atraíam e também atraíam pedaços de ferro. Estas pedras são conhecidas hoje como Magnetita. As primeiras experiências com o magnetismo referiam-se, principalmente, ao comportamento dos ímãs permanentes (MAGNETISMO. Mundo Educação, 2020. Disponível em: < <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/magnetismo.htm> >. Acesso em: 01, julho de 2020).

Assim como a eletricidade, o magnetismo foi enunciado pela primeira vez no século VI a.C. por Tales de Mileto. Para Tales, a magnetita podia comunicar sua vida ao ferro, já que está, como o âmbar. Após isso, só tivemos grandes mudanças com Pierre de Maricourt que fez experiências para estudar o magnetismo em 1269. Em 1600, William Gilbert publicou “De magnete”. Neste trabalho Gilbert explicou as propriedades do ímã e do magnetismo. Também explicou o campo magnético terrestre, dizendo que a Terra era um grande ímã e que seus polos magnéticos se aproximavam aos polos de seu eixo de rotação.

Vários foram os cientistas que colaboraram para avanço nas teorias do magnetismo, entre eles podemos destacar Hans Christian Orsted e Michal Faraday. Mas, a grande transformação do magnetismo foi realizada pelo matemático James Clerk Maxwell que, com suas equações, conseguiu unificar a eletricidade e o magnetismo dando origem ao eletromagnetismo.

3.2 Conceitos básicos

Por definição, Campo Magnético é a região ao redor de um ímã, na qual ocorre um efeito magnético. Esse efeito é percebido pela ação de uma Força Magnética de atração ou de repulsão. O campo magnético pode ser definido pela medida da força que o campo exerce sobre o movimento das partículas de carga, tal como um elétron. A representação visual do Campo Magnético é feita através de Linhas de Campo Magnético, também conhecidas por Linhas de Indução Magnética ou ainda por Linhas de Fluxo Magnético, que são linhas envoltórias imaginárias. As linhas de campo magnético são linhas fechadas que saem do polo norte e entram no polo sul. (CAMPO MAGNÉTICO. Mundo Educação, 2020. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/campo-magnetico.htm>>. Acesso em: 01, julho de 2020).

O Campo Magnético possui uma série de particularidades, dentre as quais é válido destacar que:

- São sempre linhas fechadas: saem e voltam a um mesmo ponto;
- As linhas nunca se cruzam;
- Fora do ímã, as linhas saem do polo norte e se dirigem para o polo sul;
- Dentro do ímã, as linhas são orientadas do polo sul para o polo norte;
- Saem e entram na direção perpendicular às superfícies dos polos;
- Nos polos a concentração das linhas é maior: quanto maior concentração de linhas, mais intenso será o campo magnético numa dada região;

No caso de um ímã em forma de ferradura, as linhas de campo entre as superfícies paralelas dispõem-se praticamente paralelas, originando um campo magnético uniforme. No campo magnético uniforme, todas as linhas de campo têm a mesma direção e sentido em qualquer ponto.

O campo magnético pode ser definido tomando como base os campos elétricos e gravitacionais, que determinam as modificações no espaço em razão da presença de cargas elétricas ou de massa. Sendo assim, o campo magnético é a região do espaço na qual um ímã manifesta sua ação.

Existem duas formas de produzir campos magnéticos: utilizando partículas em movimento eletricamente carregadas e usando partículas elementares, como os elétrons, que possuem um campo magnético intrínseco. Na primeira forma, os elétrons que são os responsáveis pela corrente elétrica em um fio, geram um eletroímã, onde a corrente produz um campo magnético. No segundo caso, em alguns materiais, os campos magnéticos dos elétrons se somam para produzir um campo magnético no espaço que cerca o material. É por isso que um ímã permanente possui um campo magnético permanente. Porém, na maioria dos materiais, os campos magnéticos dos elétrons se cancelam e o campo magnético em torno do material é nulo. A definição de um campo magnético $\vec{B}$, pode ser feita fazendo uma partícula carregada passar pelo ponto onde queremos definir o campo, usando várias direções e velocidades para a partícula e medindo a força que age sobre a partícula nesse ponto. $\vec{B}$ é definido como uma grandeza vetorial cuja direção coincide com aquela para a qual a força é zero. A força magnética que age sobre uma partícula carregada, $\vec{F}_B$, é definida através da equação (1):

$$\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B} \quad (1)$$

Em que q é a carga da partícula, $\vec{v}$ é a velocidade da partícula e $\vec{B}$ é o campo magnético. O módulo da força é, portanto, dado pela equação (2):

$$F_B = |q| v B \sin \phi \quad (2)$$

Sendo ϕ é o ângulo entre os vetores v e B . (Halliday Fundamentos de Física Volume 3).

3.3 As Equações de Maxwell

Não podemos deixar de nos referir a James Clerk Maxwell, físico e matemático britânico, conhecido por ter dado forma final à teoria moderna do eletromagnetismo, que une a eletricidade, o magnetismo e a óptica. Ainda no campo do eletromagnetismo, tem que se ressaltar também, que Maxwell foi capaz de formular uma teoria eletromagnética que dava conta de explicar os fenômenos eletromagnéticos conhecidos até então por meio de um conjunto de equações que relacionavam os campos elétricos e magnéticos. A formulação matemática de Maxwell é ainda hoje considerada a forma mais adequada de descrever os fenômenos eletromagnéticos. Estas equações são, atualmente, conhecidas como "Equações de Maxwell".

Quadro 1- Equações de Maxwell na forma diferencial.

$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \rho / \epsilon_0$	Lei de Gauss (Eletrostática)
$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	Lei de Gauss (Magnetostática)
$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	Lei de Faraday
$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu_0 \cdot \vec{J}$	Lei de Ampère

Fonte: <https://blog.ufes.br/paineleletrico/2015/04/22/james-clerk-maxwell>

Aplicações

As duas primeiras equações, mostradas no quadro 1, descrevem os fenômenos elétricos e magnéticos no caso estático; enquanto as duas últimas os descreviam no caso dinâmico. Com estas equações, Maxwell previu que um campo magnético podia ser gerado por um campo elétrico variável, e de forma análoga, um campo elétrico podia ser gerado por um campo magnético variável.

A partir destas equações, Maxwell percebeu e corretamente previu que a indução mútua dos campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo e no espaço deveria estabelecer uma sequência infinita de acontecimentos. Primeiro um campo

elétrico variável no tempo produz, na sua vizinhança, um campo magnético também variável que, por sua vez, produz um campo elétrico variável na região que o rodeia.

Este processo se repete indefinidamente de forma que estes campos elétrico e magnético interligados propagam-se através do espaço sob a forma de uma "onda eletromagnética", ou seja, uma perturbação nas intensidades dos campos elétricos e magnéticos. Maxwell demonstrou que essa perturbação nos campos elétricos e magnéticos se propagavam numa velocidade que coincidia com a velocidade da luz, a qual já era conhecida na época, aproximadamente 300 000 km/s, o que lhe forneceu evidências de que a luz era de natureza eletromagnética.

3.4 Acelerador magnético

Geralmente introduzimos os conceitos de velocidade aceleração e outros, relacionados ao movimento, sem uma contextualização deles. Esquecemos que o mundo está em movimento e quando estudamos a história da ciência, observamos que um dos fenômenos que os antigos tentaram explicar foi o movimento, seja das estrelas ou corpos celestes ou outros.

Quando você muda de lugar você está em movimento e se prestar atenção o carro se move, as pessoas, os objetos que caem etc. Cada movimento tem uma característica diferente e pode ser descrito por meio de equações, algumas simples outras mais complicadas. Com estas equações podemos prever o que acontecerá com o objeto em movimento ou o que aconteceu antes, na maior parte das vezes, pelo menos na chamada "*Mecânica Clássica*".

A parte da física que estuda os movimentos é a cinemática. Neste capítulo explicaremos brevemente os conceitos abordados na cinemática e como alguns objetos podem ser colocados em movimento.

Os aceleradores de partículas são equipamentos que fornecem energia a feixes de partículas subatômicas eletricamente carregadas, através de campos elétricos que as aceleram. Todos os aceleradores de partículas possibilitam a concentração de grande energia em pequeno volume e em posições arbitrárias e controladas de forma precisa.

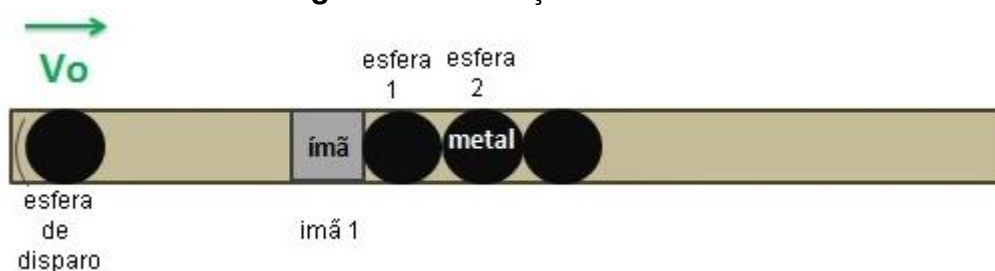
Após a aceleração passam em seguida por um campo magnético que as desvia de suas trajetórias focalizando-as e controlando as direções (defletindo-as). Todos os tipos de aceleradores independentemente de seu grau de avanço tecnológico obedecem aos mesmos princípios básicos. Devido à disposição geométrica dos campos eletromagnéticos responsáveis pela aceleração das partículas, basicamente são classificados em dois tipos: cíclicos e lineares. No caso, deste trabalho, foi utilizado o tipo linear.

Exemplos comuns de aceleradores de partículas são os televisores de projeção traseira e os equipamentos geradores de raios X. Aceleradores também são usados na produção de isótopos radioativos, na radioterapia do câncer, na radiografia de alta potência para uso industrial e na polimerização de plásticos.

Sendo assim, o funcionamento de um acelerador de partículas pode ser demonstrado através de um experimento simples. O acelerador magnético (ou Rifle de Gauss) é constituído de forma linear, montado sobre uma bancada reta, com um trilho no qual se tem ímãs fortes (ímãs de neodímio), onde as bolinhas de metal se movimentam. Estas são dispostas sobre o trilho à frente dos ímãs de tal forma que durante o movimento das primeiras, as próximas sejam aceleradas.

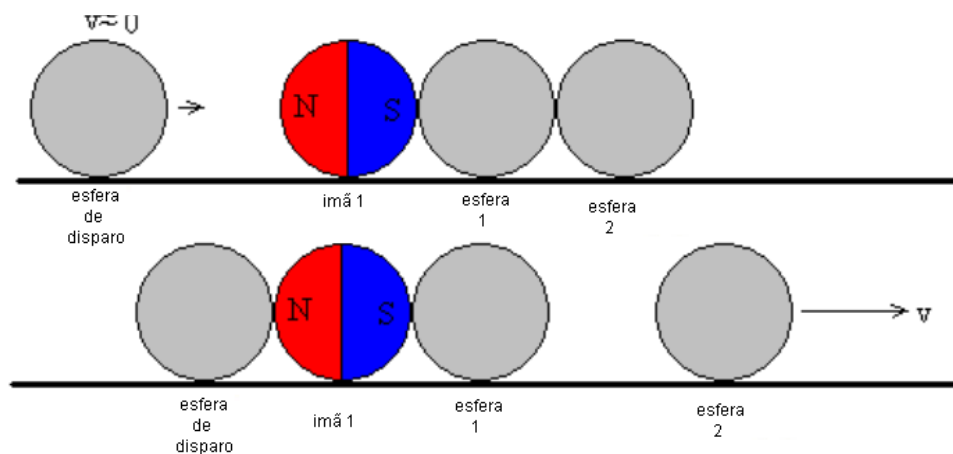
A fim de trabalhar conceitos físicos, tais como: **velocidade média, velocidade instantânea, quantidade de movimento e lançamento horizontal**, de forma mais interessante, podemos construir um experimento, capaz de transferir energia cinética de um corpo para outro apenas com o uso do campo magnético. Esse experimento é, na verdade, um **acelerador magnético** capaz de lançar um projétil. A esfera de disparo, ao entrar no campo magnético do primeiro ímã, sofrerá uma aceleração em direção ao primeiro ímã. Ao se chocar contra o primeiro ímã, ela transfere energia cinética para o segundo ímã que, por sua vez, transfere energia para a segunda esfera metálica. Por conseguinte, a segunda esfera ganha aceleração e parte em direção ao segundo ímã. Chegando ao campo magnético do segundo ímã, ela novamente é acelerada, devido ao campo magnético, atingindo uma maior velocidade. Esse ciclo se repete até que a última esfera seja disparada com uma velocidade muito maior do que a primeira esfera. À cada colisão, a bolinha impulsionada é acelerada pelo campo magnético do ímã seguinte. Assim, a última bolinha é lançada e apresenta alta velocidade. Para exemplificar, veja as figuras 2 e 3.

Figura 2 – Ilustração da colisão



Fonte: <http://imaneodimio.com.br/34/>. Acesso em: 15 de jun.2019

Figura 3 - início da montagem experimental



Fonte: <http://imaneodimio.com.br/34/>. Acesso em: 15 de jun.2019

Em seguida, a bola de metal é atraída para o ímã cada vez mais, à medida que se aproxima dele. Quanto mais próxima a bola fica, mais forte é a força de atração. Toda a força de atração na esfera de aço acelera a velocidades mais altas. Veja a figura 4.

Figura 4- a esfera de aço cada vez fica submetida a uma aceleração maior.



Fonte: <http://imaneodimio.com.br/34/>. Acesso em: 15 de jun.2019

Em seguida, ocorre a colisão (figura 5) e consequentemente é transferida grande parte da energia cinética (pois há perdas, não é um sistema ideal) da esfera que colidiu, para a próxima (da face oposta do ímã) e assim sucessivamente (ver figura 6).

Figura 5- Colisão das esferas com o ímã



Fonte: <http://imaneodimio.com.br/34/>. Acesso em: 15 de jun.2019

Figura 6- A próxima esfera é lançada com velocidade V_1



Fonte: <http://imaneodimio.com.br/34/>. Acesso em: 15 de jun.2019

Este experimento possui um análogo no meio microscópico que são os aceleradores de partículas. Existem diversos laboratórios com este tipo de tecnologia espalhados pelo mundo. A diferença primordial é que ao invés de se usarem esferas metálicas, empregam-se luz ou pacotes de partículas elementares, tais como prótons, elétrons, nêutrons e fótons, por exemplo. Estas são aceleradas devido ao campo magnético presente. Vale ressaltar que não existem apenas aceleradores lineares, há também dispositivos circulares.

O acelerador de partículas mais conhecido é o LHC (Large Hadron Collider - O Grande Colisor de Hádrons) que fica localizado em Genebra, Suíça no CERN. Este é, atualmente, o maior acelerador de partículas do mundo, e tem como um de seus objetivos reproduzir uma situação molecular e micro espacial semelhante ao que aconteceu após o início do Big Bang. O Brasil também possui essa tecnologia, o Laboratório Nacional de Luz Sincrotron está situado na cidade de Campinas, em São Paulo e faz pesquisa em diversas áreas da ciência.

Velocidade Média

Compreender o conceito de velocidade média é um dos alicerces para a compreensão da Cinemática. Pode-se dizer que esse é o primeiro passo para que um aluno, do Ensino Médio, consiga entender o significado de um Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e de um Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV). A partir desse ponto, o aluno começa a descrever com maiores detalhes o MRUV e MRU, com grande repertório de vocábulos, tais como: aceleração; velocidade média e instantânea; diferença entre variação do espaço e distância efetivamente percorrida; variação do tempo, entre outros. Este é o grande objetivo do ensino da Cinemática: a descrição dos movimentos de modo que tenha significado para o aluno, fazendo o aluno entender que alguns conceitos parecendo tão abstratos, podem se tornar reais a partir das estratégias usadas com as placas de trânsito, lombadas eletrônicas e físicas, velocímetros, radares, enfim, uma infinidade de conceitos, quebrando assim, o paradigma para estes alunos de que a Cinemática é uma mera abstração e decoreba de fórmulas.

A velocidade média é a variação do espaço pela variação do tempo, equação (3), ou seja:

$$\vec{v} = \frac{\vec{\Delta s}}{\Delta t} \quad (3)$$

Em um gráfico da posição x da partícula em função do tempo t , a velocidade média no intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ é a inclinação da reta que liga os pontos correspondentes à posição da partícula nos instantes t_1 e t_2 . Veja na figura 7, abaixo.

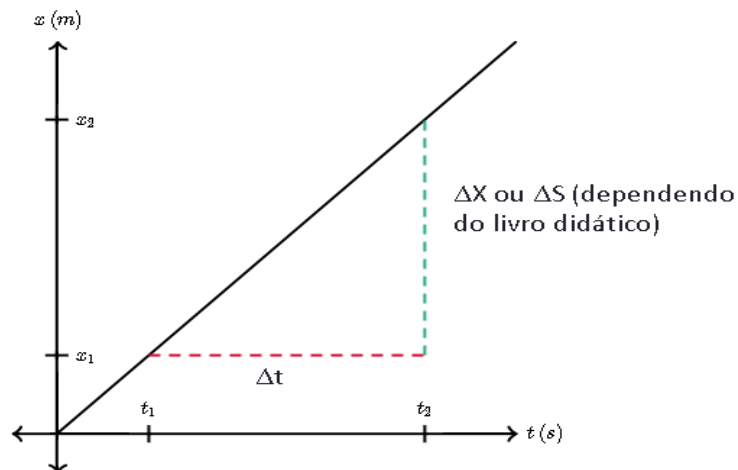
Observe que o módulo da expressão

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ ou } \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}, \quad (4)$$

De acordo com o gráfico abaixo, figura 07, a inclinação da reta é a definição da velocidade vetorial. Então, a inclinação de um gráfico de posição também representa a velocidade vetorial do objeto. Temos que ter a atenção de mostrar ao aluno o que significa a curvatura em um gráfico posição x tempo. Observando agora, a figura 8, é possível verificar que a linha do gráfico tem formato curvo, já que não é composta de segmentos retos. Quando a linha do gráfico é curva, a inclinação varia com o tempo,

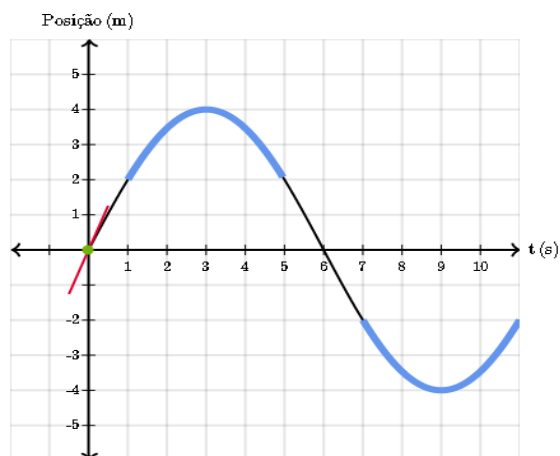
isto significa que a velocidade vetorial está variando. Logo, velocidade vetorial variando significa aceleração. Portanto, curvatura em um gráfico de posição indica que o objeto está acelerando, ou seja, aumentando ou diminuindo sua velocidade vetorial/inclinação.

Figura 7- Gráfico de espaço x tempo



Fonte: site Khanacademy (2019)

Figura 8- Gráfico $S \times t$



Fonte: site Khanacademy (2019)

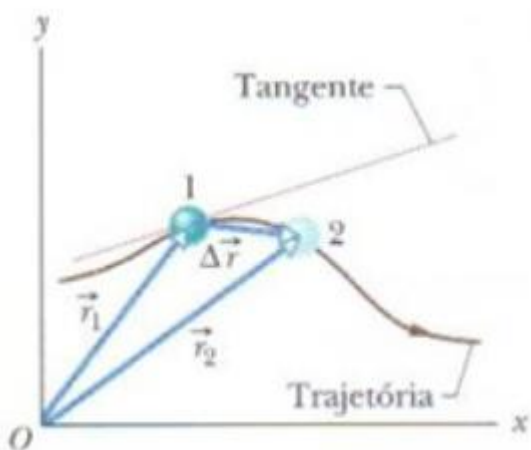
Quando o intervalo de tempo propende a zero, a velocidade vetorial média propende a um limite que é denominado velocidade vetorial instantânea, ou seja, é o

limite da razão $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ quando Δt tende a zero, equação (5). Sendo assim, podemos exemplificar que:

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \quad (5)$$

É preciso ficar claro ao aluno que a direção do vetor velocidade instantânea é sempre tangente a trajetória da partícula na posição da partícula e seu sentido é do movimento da partícula. Veja a figura 9:

Figura 9 - Gráfico Vetor Velocidade Instantânea



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/10800171/>

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”.

Paulo Freire

4. METODOLOGIA E PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

4.1. Características da Pesquisa

Os objetivos de uma pesquisa podem ser diversos: criar uma visão geral de um determinado fenômeno ou de uma dada condição; gerar novas ideias; conhecer os fatos básicos que circundam uma situação. A pesquisa pode também classificar ou criar categorias, documentar um processo causal ou clarificar estágios de um processo (GERHARDT E SILVEIRA, 2009). Dependendo dos objetivos e estágio da pesquisa escolhem-se as abordagens e, sequencialmente, métodos qualitativos ou quantitativos.

A pesquisa é um processo permanentemente inacabado e fornece subsídios para uma intervenção na realidade de um contexto. Tem como objetivo descobrir e interpretar os fatos que estão inseridos em uma determinada realidade (GERHARDT E SILVEIRA, 2009). As pesquisas podem ser classificadas segundo sua abordagem, natureza ou procedimentos. As pesquisas podem ser classificadas como:

- **Pesquisa qualitativa**, pois se trata da análise de um processo que busca explicar o porquê do ocorrido e se busca explicar o porquê dos processos, exprimindo o que convém ser feito e o cientista é ao mesmo tempo o sujeito e o objeto de suas pesquisas;
- **Pesquisa aplicada**, objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais. Já quando se fala da pesquisa aplicada é bom observar a diferença do objetivo para a pesquisa básica. A pesquisa aplicada busca gerar conhecimento para a aplicação prática e dirigida a solução de problemas que contenham objetivos anteriormente definidos (GERHARDT E SILVEIRA, 2009, p. 31). Esses

objetivos podem ser de médio ou curto prazo de alcance, sendo então uma investigação direcionada pelas instituições financiadoras.

- **Pesquisa explicativa**, preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, ou seja, este tipo de pesquisa explica o porquê das coisas através dos resultados oferecidos (GIL, 2007, p. 43).

A pesquisa realizada neste trabalho pode ser classificada como uma pesquisa qualitativa com abordagem de pesquisa aplicada e explicativa, que visa produzir conhecimento e dados necessários que podem ser efetivamente aplicados em um contexto professor-aluno, ajudando a alterar uma situação ou sistema, que é a não-conectividade entre as aulas de Física e a experimentação (GERHARDT E SILVEIRA, 2009). Esta pesquisa aplicada explicativa pode ser um complemento ou aprofundamento sobre um determinado assunto da Física previamente estudado.

Nesse contexto se apresenta uma atividade experimental que, relacionada com a teoria, proporciona uma melhor compreensão do conteúdo de cinemática, fazendo com que o aluno participe da construção de seu próprio conhecimento. Como primeira atividade, apresentamos o local onde a pesquisa foi realizada e os participantes.

4.2. Locais e sujeitos da pesquisa

O projeto foi aplicado e desenvolvido na escola estadual EE. CEL.JOSÉ JOAQUIM BITTENCOURT, na cidade de Palmital-SP, em duas salas do 3º ano do Ensino Médio, com um total de 66 alunos. Ao todo, entre a pesquisa inicial, atividades experimentais e pesquisas finais, foram 8 aulas. Sendo assim, como são duas aulas semanais de Física, nas escolas estaduais, o trabalho foi aplicado ao longo de quatro semanas, em março de 2019.

4.3. Etapas da pesquisa

Resumidamente (o detalhamento se encontra a seguir), na primeira aula foi realizado o levantamento dos conhecimentos prévios – Apêndice A e Apêndice B. Na segunda aula, foram apresentados e foi explicada a função de cada parte do

equipamento e foi realizada a montagem experimental em forma detalhada para que os alunos não fiquem com dúvida sobre a importância, assim como, a função de cada parte do equipamento. Nas aulas seguintes (3, 4, 5, 6 e 7), em grupos de 5 alunos, foi realizada a montagem experimental (um grupo por vez) e os alunos foram orientados para a coleta dos dados necessários para cálculo da velocidade média, da velocidade instantânea, da demonstração sobre a quantidade de movimento e lançamento horizontal. Finalmente, na última aula (8), os alunos tiveram a oportunidade de realizar alguma etapa dos experimentos novamente, para sanar quaisquer indícios de dúvida e foi dado um espaço para discussão dos resultados obtidos por cada grupo, tais como: eventuais fontes de erro, coleta de dados, erros matemáticos, entre outros.

Para o planejamento das atividades elencadas anteriormente, utilizamos uma sequência didática que contempla todas as etapas necessárias para um ensino significativo e contextualizado, que são:

- Levantamento dos conhecimentos prévios;
- Problematização;
- Apresentação do conteúdo com textos de apoio;
- Realização do experimento;
- Análise e reflexão do grupo sobre o problema;
- Proposta de soluções;
- Sistematização no novo conhecimento;
- Avaliação.

A sequência didática (SD) contribui com a consolidação de conhecimentos que está em fase de construção e permite que progressivamente novas aquisições sejam possíveis, pois a organização dessas atividades prevê uma progressão modular, a partir do levantamento dos conhecimentos que os alunos possuem sobre um assunto, conforme Brasil (2012, p-20)

A sequência Didática é apresentada no quadro 2:

Quadro 2: Descrição da sequência didática aplicada

Aula	Objetivos	Atividade	Habilidades	Tempo
01	Investigar os alunos em relação ao conceito de Física, suas aplicações e relação com a matemática.	Questionário (1) antes do experimento (Apêndice A)	Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica	20 minutos
	Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre Cinemática.	Questionário (2) antes do experimento.	Identificar movimentos que se realizam no dia a dia e as grandezas relevantes que os caracterizam	30 minutos
02	Análise e questionamentos do professor em relação a turma de alunos, de acordo com a leitura do texto de apoio.	Discussão sobre os principais temas debatidos: excesso de velocidade, velocidade média, tempo de viagem.	Observação de movimentos do cotidiano – variação do espaço, tempo, velocidade.	30 minutos
	Divisão em grupos de alunos (a atividade poderá ser desenvolvida por apresentação ao grupo total de alunos, ficando à critério do professor)	Realização do início da montagem experimental.	Realizar o procedimento para a coleta de dados e identificação das possíveis fontes de erro e como evitá-las.	20 minutos

03	Aplicação do Roteiro experimental I, para realização da atividade prática sobre o conteúdo de velocidade média.	Detalhar, explicar e aplicar o Roteiro Experimental I.	Fazer estimativas, realizar ou interpretar medidas e escolher procedimentos para caracterizar deslocamentos, tempos de percurso e variações de velocidade em situações reais	50 minutos
04	Sistematizar os conceitos fundamentais da Cinemática e concluir o tema.	Reaplicar o Roteiro experimental 1, questões: 7; 8; 9; 10 e 11.	Verificar o número de acertos dos alunos, verificando se houve indícios de aprendizagem.	50 minutos
05	Leitura do texto de apoio e aplicação do Roteiro experimental II, para realização da atividade prática sobre o conteúdo de aceleração.	Realizar o Roteiro Experimental 2.	Definir e utilizar o conceito de velocidade instantânea, assim como calcular a aceleração (ou desaceleração).	30 minutos
	Sistematizar o assunto e concluir, sanando dúvidas que surgirem refazendo o questionário 1.	Refazer as questões 11; 12; 13; 14.	- Desenvolvimento da interpretação física do conceito de aceleração.	20 minutos
06	Aplicação do Roteiro Experimental III para calcular a velocidade horizontal do lançamento em questão	Texto de Apoio e Realizar o Roteiro 3.	- Compreender os conceitos físicos que se relacionam ao movimento dos corpos. - Saber calcular as grandezas físicas relacionadas com o lançamento horizontal	50 minutos.
07	Identificar os tipos de colisões mecânicas e suas variáveis.	Texto de Apoio e Realizar o Roteiro 4.	- Identificar os tipos de colisões mecânicas; - Reconhecer a conservação da energia nas colisões elásticas	50 minutos

Fonte: autoria própria

4.4- Levantamento dos conhecimentos prévios;

Com o levantamento dos conhecimentos prévios é possível dimensionar a relação do aluno com o que será ensinado e que deve ser aproveitado pelo professor, no decorrer do processo. E como podemos fazer isso, de forma significativa? Nesse momento, é papel do professor fazer o registro dessas hipóteses, descobertas e saberes revelados para ancorar os novos conhecimentos e quanto mais o professor possibilitar a mobilização e atualização desses conhecimentos, mais relações o aluno poderá estabelecer entre o que ele já sabe e o que vai aprender, e dessa forma torna-se a aprendizagem mais significativa. Assim, Ausubel, 2003:

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos (AUSUBEL, 2003).

Desta forma, partindo do conhecimento prévio dos alunos, foram preparadas aulas experimentais, com o objetivo de potencializar estes conhecimentos sobre velocidade média, quantidade de movimento e unidades de medida, vistos teoricamente. Moreira (1999, p. 13) enfatiza que não se trata de simples associação, mas “(...) de interação entre os aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, por meio das quais essas adquirem significados e são integradas à estrutura cognitiva”. Consequentemente, os significados do conteúdo são aperfeiçoados e melhorada a potencialidade para aprendizagens significativas posteriores” (Alegro 2008, 24).

Os conhecimentos prévios dos alunos foram obtidos a partir da aplicação do Questionário 2, apêndice B, em que foram levantados temas relevantes relacionados à velocidade média, momento linear (quantidade de movimento) e transformação de unidades. Com base nesse levantamento de dados, foi possível levantar um perfil de conhecimento dos alunos e partir com essa referência para aplicação deste trabalho, presente no item 5 desse trabalho.

4.5 - Atividades experimentais

O trabalho experimental desenvolvido com os alunos no laboratório leva-os a tomar gosto pela disciplina, quebrando tabus, interpretando cálculos e situações do cotidiano. Os autores Moreira e Levandowski (1983), destacam algumas abordagens importantes para o laboratório experimental, dentre as quais utilizamos **o laboratório programado** que, como explicado pelos autores, tem como objetivo realizar atividades experimentais com o princípio de instrução programada e visa atingir o aprendizado através de assimilação de conhecimentos. Primeiramente foi aplicado um questionário aos alunos (Apêndice A), sobre o entendimento de como eles enxergam a Física, tal qual sua importância, sua relação com a Matemática e com o cotidiano. Como argumentado por Gil (1999),

O questionário pode ser definido “como a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc.” segundo Gil (1999, p.128),

O primeiro questionário, foi aplicado com o objetivo de investigar o conhecimento dos alunos quanto ao conceito de Física, assim como suas aplicações e relação com a matemática. Assim, como a intervenção do professor com base nas respostas dos alunos, fazer com que os alunos consigam compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica

O segundo questionário (Apêndice B) foi aplicado com o objetivo de verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre conteúdos apresentados na aula teórica. A análise destes conhecimentos permitiu ao professor:

- Verificar o conceito de momento linear (quantidade de movimento) e o tipo de colisão: com essa questão é possível observar se os alunos conseguem distinguir a relação entre diferentes massas e velocidades no impacto entre os corpos, assim como o que é conservado ou não em diferentes choques;

- Sobre o conceito de energia cinética (caso o professor deseje desenvolver esse tema) e como calcular: essa questão é pertinente ao professor verificar sobre o conhecimento de seus alunos, pois dependendo do experimento que for realizar com o acelerador magnético, tem que ficar claro aos alunos esse conceito, assim como sua dependência da massa e velocidade, caso o professor realize um experimento de colisões;
- Outra questão do levantamento de conhecimentos diz respeito à velocidade média, em que pergunta-se quais grandezas são necessárias para o cálculo de velocidade média, assim como suas unidades relacionadas com a dimensão: outro ponto importantíssimo para o professor, pois caso os alunos não saibam ou não fazem ideia das grandezas necessárias, será preciso retomar o assunto, assim como demonstrar aos alunos as possíveis unidades de velocidade média e suas relações de transformações, como por exemplo: m/s em km/h ou vice versa;
- A próxima questão se refere ao cronômetro, tanto no quesito de sua função, assim como a variação de duas medidas consecutivas, em que foi passado “duas fotos” das medidas de um cronômetro, por exemplo: com essa questão, fica evidente ao professor se os alunos sabem calcular a variação de tempo com décimos e/ou centésimos de segundos, e desta forma se será necessário o professor retomar o conceito ou não;
- Seguindo o levantamento de conhecimentos prévios, outro ponto importante era sobre o conceito de força resultante e seu cálculo: pois aqui, caso os alunos não saibam o conceito, provavelmente o professor terá que preparar algo sobre aceleração e como é calculada;
- Encerrando o assunto, foi perguntado aos alunos sobre o termo “acelerador de partículas” e o princípio de funcionamento: aqui, é claro, a maioria dos alunos ouviram o termo, porém não sabem o princípio de funcionamento. Logo, caberá ao professor fazer uma relação contextualizada com inúmeros vídeos presente na internet e demonstrar a origem do nome do projeto desenvolvido, ou seja, o acelerador magnético. Todo o aparato da montagem experimental foi realizado juntamente com eles, detalhando cada

componente, sua função, precisão e importância para a retirada dos dados a serem coletados, assim como a filmagem.

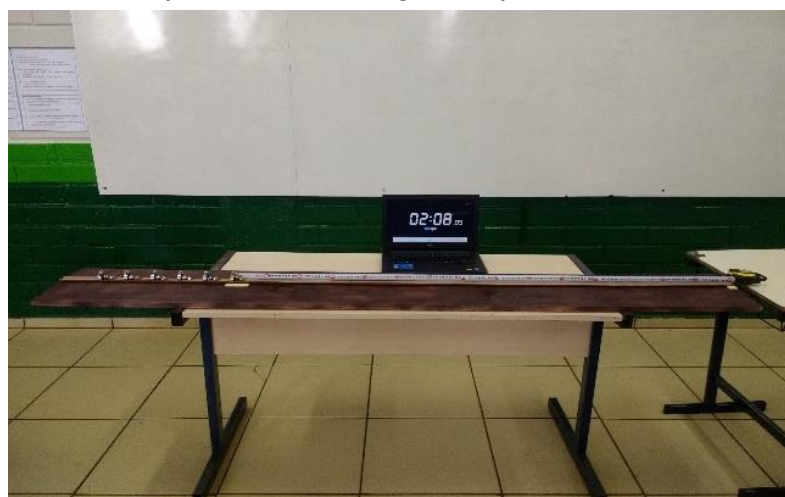
Todas as questões sobre conhecimentos do conteúdo obtidos na aula teórica, trazem ao professor informações sobre como deve ser preparada a atividade experimental a ser realizada e ao elaborar seu plano de aula, o professor pode, ou não, aumentar o número de aulas, focar na observação e retirada de dados de um experimento, explicar mais detalhadamente possíveis fontes de erros, entre outros.

4.6- Experimento para determinação da velocidade média.

Para realizar com os alunos, o cálculo da velocidade média das esferas, de uma forma diferente, diversificada, atraindo a atenção dos alunos, foi feito de acordo com os passos seguintes:

- foi feita a montagem experimental de acordo com as figuras 10 e 11, de modo que o computador, o notebook (que é o nosso cronômetro) ficou de frente para onde seria realizada a filmagem, para que fosse possível associar a fita métrica com as posições da bolinha ao longo do trajeto, veja o esquema da montagem experimental na figura 10:

Figura 10- Esquema da montagem experimental – vista frontal



Fonte: autoria própria

- Através das imagens (figuras 10 e 11), pode-se verificar que foram usados seis ímãs de neodímio, circulares e com 25mm de diâmetro e 5mm de espessura (veja figura 11). A base foi feita de madeira de pinus (por ser mais barata) com 2m de comprimento, que pode ser variável, porém cuidado! Se fazer com a madeira muito

curta, dificultará a retirada de dados, o que acarretará erros significativos nos resultados. O trajeto das esferas foi dentro de um cano PVC, cortado longitudinalmente. Assim, o atrito diminui bastante e as esferas ficam com um trajeto regular a percorrer;

- Ao lado do cano de pvc e virado para o lado da filmagem, foi colocada uma fita métrica (aquelas com números maiores, para que fique bem visível nas filmagens);

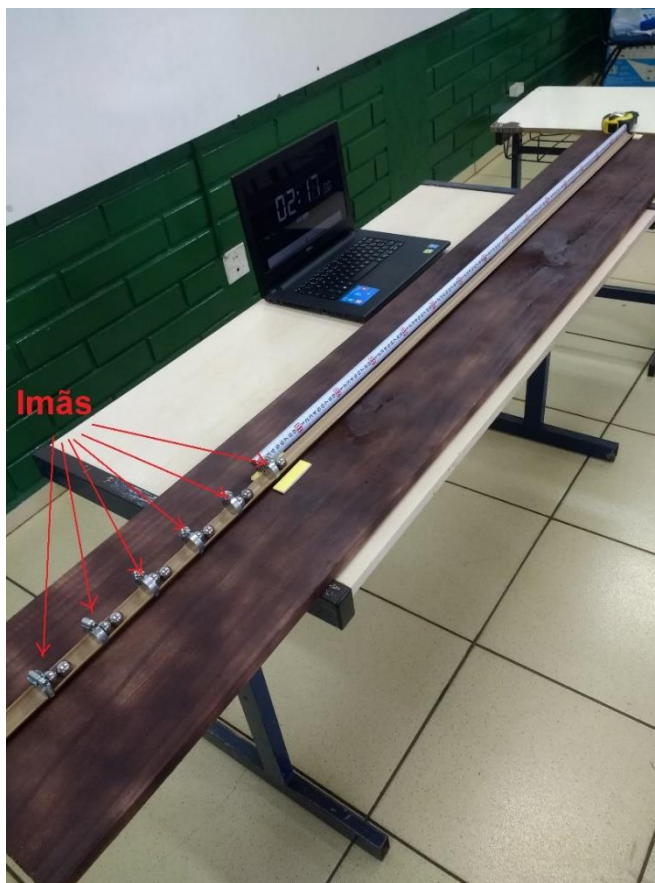
- Em cada imã foram colocadas duas esferas de aço, sempre voltadas para o mesmo lado, todas à direita ou todas à esquerda (conforme figura 11), para que o movimento das esferas fique contínuo, sem interrupção alguma. É necessário o uso de duas esferas, porque uma única esfera, pode ser impossível da mesma se desgrudar do imã, somente pela quantidade de movimento trocada entre as esferas, então por isso, foi usado duas, porém pode ser usado três ou mais, ficando a critério do professor para que se avalie o quanto o experimento será melhor aproveitado com seus alunos, isso porque dependerá dos diâmetros das esferas que será usado (esferas muito pesadas diminui a velocidade);

- Quanto às esferas, o diâmetro também pode ser variável, pois vai depender de qual roteiro o professor irá seguir, ou seja, se precisar de uma velocidade maior usa-se uma esfera menor e vice-versa, devido à inércia das esferas. O cano utilizado como guia foi o de $\frac{1}{2}$ polegada, pois assim, as esferas ficavam bem direcionadas para a colisão com o imã, sem decompor força alguma. Para a determinação da velocidade média, foi usado esferas de 1,2mm, porém, como já foi dito, pode ser variável;

- Após realizada a montagem experimental, que pode e deve, ser realizada com os alunos, ou grupos de alunos (a critério do professor), pode-se iniciar o experimento. Solta-se uma esfera com baixa velocidade no primeiro imã, aí essa esfera ganha uma energia cinética devido a atração magnética do imã e assim sucessivamente. Assim, a última esfera sairá com uma velocidade bem maior e passará ao longo da trajetória de uma forma rápida, até o fim. Porém, antes de soltar a primeira esfera, a filmagem (que pode ser feita com o celular, desde que as imagens sejam de boa qualidade) já deve estar acontecendo. Desta forma, quando visualizar a filmagem, em câmera lenta, porque tudo é muito rápido (e por tal motivo não pode ser uma prancha de pinus muito curta), é possível localizar todas as posições da esfera ao longo da trajetória, com o respectivo tempo no cronômetro do notebook e assim, retirar a variação do espaço e

a variação do tempo, que será anotado pelos alunos, para determinar a velocidade média da esfera.

Figura 11- Montagem experimental – vista lateral



Fonte: autoria própria

- No decorrer do experimento, o professor pode trocar as esferas (com maior ou menor massa ou diâmetro) e calcular o valor da velocidade média. Para verificar o senso comum dos alunos, o professor pode perguntar antes de soltar a esfera: “colocando uma esfera de menor massa, o que vocês acham que vai acontecer com a sua velocidade?”

- Esta é apenas uma, das diferentes formas que pode ser usado o experimento, pois a seguir veremos outros conteúdos/conceitos que podem ser trabalhados, como já foi dito anteriormente.

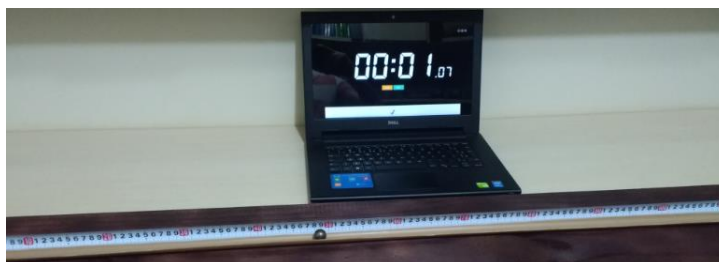
Para que todo esse processo de ensino acontecesse com efetiva aprendizagem e tempo hábil, foi elaborado pelo professor, um Roteiro Experimental I (Apêndice C)

para o cálculo da velocidade média, passo a passo, de forma a orientar e coordenar cada etapa para o aluno. O roteiro é apresentado a seguir:

- Roteiro I para determinação da velocidade média:

- 1) Verificar se a fita métrica se está na posição de filmagem, conforme figura abaixo (figura 12):

Figura 12 - início do Roteiro experimental I



Fonte: autoria própria

- 2) Verificar as bolinhas ao longo do imã (duas em duas em cada imã), conforme a figura 13:

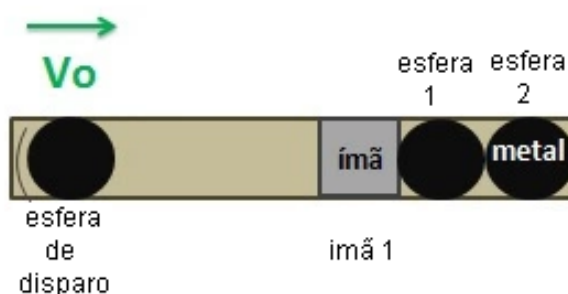
Figura 13 - esferas duas em duas



Fonte: autoria própria

- 3) Localizar o cronômetro no PC e prepará-lo para filmagem, conforme figura 12;
- 4) Preparar a câmera e/ou celular para filmagem;
- 5) Acionar o cronômetro;
- 6) Ligar a filmagem do celular e/ou câmera para registrar o tempo do cronômetro e as posições da esfera;
- 7) Soltar a esfera de lançamento, conforme figura 14;

Figura 14 - esfera de lançamento



Fonte: autoria própria

- 8) Após a última esfera soltar do ímã, pausar a gravação do celular;
- 9) Verificar a filmagem em câmera lenta;
- 10) Anotar os dados no quadro 3:

Note: veja que as medidas estão em centímetros, ou seja, já peça para os alunos realizarem a transformação de unidades, ou seja, transformar em metros, explorando ainda mais os conceitos de transformação de unidades.

Quadro 3 - Dados da filmagem

Cálculo da velocidade média	
$S_1 = \text{___ cm}$	$T_1 = \text{___ s}$
$S_2 = \text{___ cm}$	$T_2 = \text{___ s}$

Fonte: autoria própria

11) Com os dados do quadro 3 aplicar a relação:

$$V = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} \text{ e determinar a velocidade média encontrada}$$

12) Qual o valor da velocidade média em m/s? E qual o Valor em Km/h?

Nota: aqui o professor pode trabalhar as unidades de medida

13) Qual ou quais as formas de transformação de unidades referente à velocidade?

14) Como seria possível encontrar um valor da velocidade instantânea e da aceleração?

Evidenciado no roteiro, os alunos participaram na montagem e na obtenção dos dados o que auxilia na efetiva significância do conteúdo para o aluno, os afastando da aprendizagem meramente mecânica com simples memorização, chamada por alguns autores de tradicional. Tal aprendizagem, praticamente não possui nenhuma associação relevante sobre conceitos na estrutura cognitiva. Para Moreira (2003), ao tratar da aprendizagem significativa crítica, reorganizar o seu conhecimento ou identificar semelhanças e diferenças entre o que já sabia e o novo conteúdo aprendido, o estudante explicita o seu papel ativo no próprio processo de aprendizagem. É ele quem decide se deseja aprender e geralmente o faz a partir dos próprios questionamentos e necessidades. Portanto, através de uma atividade experimental, é possível verificar o que o aluno efetivamente aprendeu, se ele consegue explicar o conteúdo com suas palavras. Assim, Moreira (2003):

Aprendizagem significativa, obviamente, aprendizagem com significado. Mas isso não ajuda muito, é redundante. É preciso entender que a aprendizagem é significativa quando novos conhecimentos (conceitos, ideias, proposições, modelos, fórmulas) passam a significar algo para o aprendiz, quando ele ou ela é capaz de resolver problemas novos, enfim, quando compreende (MOREIRA, 2003, p.2).

4.7- Determinação da Velocidade Instantânea e Aceleração

Para realizar o experimento para determinar o valor da aceleração, é um pouco mais complexo, no sentido da coleta de dados, ou seja, cabe ao professor orientar e

acompanhar o desenvolvimento da atividade experimental com seus alunos, discutindo com eles as principais fontes de erro, ou o professor realiza a coleta de dados em conjunto com seus alunos e pede para eles realizarem os passos do roteiro, seguindo as seguintes etapas:

- Siga os passos: 1 ao 9, conforme o Roteiro 1;
- Quando for verificar a filmagem no celular, anote dois deslocamentos sucessivos da esfera do lado esquerdo da pista, ou seja, no início da pista de rolagem.
- Repetir o item 2, porém do lado direito da pista, ou seja, no final da pista, para calcular o valor da desaceleração da esfera. Anote os dados retirados no Quadro 4, a seguir:

(Note: veja que as medidas estão em centímetros, ou seja, já peça para os alunos realizarem a transformação de unidades, ou seja, transformar em metros, explorando ainda a transformação de unidades).

Quadro 4 - Dados da filmagem

Cálculo da velocidade instantânea		Posições da esfera
$S_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ cm}$ $\underline{\hspace{1cm}} \text{ m}$	$T_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ s}$	Lado esquerdo (início da pista)
$S_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ cm}$ $\underline{\hspace{1cm}} \text{ m}$	$T_2 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ s}$	
$S_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ cm}$ $\underline{\hspace{1cm}} \text{ m}$	$T_3 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ s}$	Lado Direito (final da pista)
$S_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ cm}$ $\underline{\hspace{1cm}} \text{ m}$	$T_4 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ s}$	

Fonte: autoria própria

De um modo geral, definimos a velocidade instantânea $v(t_0)$, de um ponto, no instante t_0 , como sendo o limite da velocidade média no intervalo de t_0 a $t_0 + \Delta t$, quando Δt tende a zero, e escrevemos:

$$v(t_0) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Com os dados da tabela e aproximando os valores à nível de Ensino Médio, podemos determinar duas velocidades em dois pontos distintos, usando as equações para determinação do módulo da velocidade:

$$V_1 = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \quad \text{e} \quad V_2 = \frac{s_4 - s_3}{t_3 - t_4}$$

Para determinar o valor do módulo da velocidade instantânea no início e no final da pista, anotando duas posições consecutivas no início da trajetória e anotando também, dois pontos consecutivos ao fim da trajetória. Assim, sabendo as posições e os tempos correspondentes, consegue-se obter as velocidades do início e final da trajetória. Em seguida, é possível calcular o módulo da aceleração/desaceleração, utilizando a seguinte relação:

$$S = S_0 + V_0 t + at^2/2$$

4.8- Observação de Colisões Elásticas - Quantidade de Movimento (Abordagem Qualitativa) - Análise visual de colisões das esferas.

Para esta atividade, o professor pode demonstrar experimentalmente a conservação da quantidade de movimento através de uma colisão unidimensional entre dois corpos. Lembrado que, pontualmente, esta atividade experimental é apenas visual, ou seja, sem coleta de dados e/ou cálculos.

Nesta atividade específica, é possível demonstrar ao aluno que colisões com esferas de mesmas massas, havendo a conservação da quantidade de movimento, a outra esfera sai com a mesma velocidade que esfera que colidiu com esta. É possível verificar também as variações de velocidades com esferas de massas diferentes. Para tal, pode ser seguido o seguinte roteiro experimental:

- 1)** Obter a massa das esferas do seu experimento

(**Observação:** de preferência, ao longo do experimento, utilizar esferas de massas diferentes, para que o aluno perceba a relação da massa e velocidade após as colisões);

- 2) Colocar uma esfera na canaleta, esfera em repouso e em qualquer posição e lançar a esfera de lançamento, conforme a figura 15;

Figura 15 – Para obter a Quantidade de Movimento



Fonte: autoria própria

- 3) E cada professor pode explorar o máximo possível, com questões da seguinte forma:

- Esferas iguais ao se colidirem, o que acontece com as suas velocidades? (desconsiderando o atrito)
- Se colocarmos uma esfera em repouso, menor que a esfera de lançamento, o que ocorrerá com sua velocidade ao ocorrer a colisão?
- E se colocarmos uma esfera em repouso, maior que a esfera de lançamento, o que ocorrerá com sua velocidade ao ocorrer a colisão?
- Todas essas respostas podem ser anotadas no quadro 5, abaixo:

Quadro 5 - anotações para a quantidade de movimento

Esferas	Massa (kg)	Velocidade antes da colisão	Velocidade após a colisão
Esfera de Lançamento	Maior ou menor	Em movimento	Zero; maior ou menor.
Esfera de Repouso	Maior ou menor	Em repouso	Zero; maior ou menor.

Fonte: autoria própria

4.9. Lançamento Horizontal:

Adaptando o experimento, de acordo com a figura 16 abaixo, ainda é possível trabalhar o Lançamento Horizontal com seus alunos e calcular, por exemplo, a velocidade inicial de lançamento.

Figura 16 - Adaptação para Lançamento Horizontal



Fonte: autoria própria.

- **Importante:** Neste experimento, há a necessidade da obtenção da variação do tempo, entre o instante em que a esfera perde contato com a mesa, até o momento em que ela toca o solo. Em seguida, é preciso verificar a distância (alcance Horizontal: D), distância essa medida pelo espaço entre o fim da mesa e posição em que a esfera

toca o chão. Com esses dados, é possível determinar a velocidade de lançamento da esfera (velocidade horizontal inicial). Para tanto, é necessário seguir o roteiro abaixo.

Siga o Roteiro:

- Monte o experimento de acordo com a figura 16;
- Inicie o cronômetro do notebook sem se preocupar com o zero, porque o que vai interessar aqui, é a variação do tempo;
- Inicie a filmagem com o celular (cuidado para a posição do celular. Coloque o celular em uma posição que é possível detectar todo o campo experimental, caso contrário, não será possível a detecção exata da variação do tempo;
- Solte a esfera de lançamento;
- Faça a gravação até a esfera tocar o chão;
- Veja em filmagem em câmera lenta;
- Anote o instante que o cronômetro marcava quando a esfera deixou a mesa (final da mesa) e anote no quadro 6;

Quadro 6 - Lançamento Horizontal

Instante de saída da mesa	Instante de queda no chão	Variação do tempo	Alcance Horizontal
$T_1 = \text{____} \text{ s}$	$T_2 = \text{____} \text{ s}$	$\Delta t = \text{____} \text{ s}$	$D = \text{____} \text{ m}$

Fonte: autoria própria

- Anote o instante que o cronômetro marcava quando a esfera deixou a mesa e anote no quadro 6;
- Verifique com a fita métrica, o alcance horizontal D em relação a mesa. Anote no quadro 6;
- Calcule a variação do tempo $\Delta t = t_2 - t_1$;
- Calcule o módulo da velocidade inicial de lançamento da mesa, aplicando a relação:

$$D = V_0 \cdot t,$$

Onde:

D: alcance horizontal;

V_0 : Velocidade inicial;

T: tempo

“O homem não é nada além daquilo que a educação faz dele”.

Immanuel Kant

5- RESULTADOS

Logo após a realização das atividades experimentais, os alunos responderam novamente o questionário (apêndice B) no levantamento dos conhecimentos prévios, assim como os conceitos da física, relacionado à Cinemática, trabalhados no laboratório. Todas as respostas desses itens foram tabuladas, no “antes” e “depois” das atividades experimentais, onde pode ser observado na seção 5.1. Também foi observado a desenvoltura dos alunos durante a realização dos experimentos, tais como: montagem experimental, observação experimental, coleta dos dados, análise dos erros, cálculos efetuados, assim como, a busca por melhores resultados e/ou comprovação deles.

Ao analisar os resultados obtidos, com base nos gráficos abaixo, fica evidente que houve avanços no processo ensino-aprendizagem. Com a atividade experimental, foi possível despertar a curiosidade no aluno em relação aos conceitos da Física e fazer com que eles conseguissem visualizar a teoria junto com a prática. Outro avanço percebido está associado aos experimentos executados, principalmente quando o resultado não ocorria de acordo com o senso comum dos alunos. Algumas vezes isso acontecia por erro experimental dos alunos, porém, em outros momentos, isso ocorria por conta da desmistificação de algum conceito errôneo por parte deles, e isso só demonstrava a importância das atividades experimentais para a internalização correta dos conceitos abordados.

No quesito unidades de medida, eles conseguiram trabalhar e transformar as unidades do SI relacionadas com o experimento. Também foi verificado que muitos deles, quando não alcançaram o conhecimento na experiência realizada, retomavam o experimento demonstrando o despertar do espírito investigativo

Podemos apontar que teve a utilização de ferramentas denominadas de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), tais como celular notebook utilizadas na obtenção das medidas e na análise dos resultados, o que permitiu aos alunos reconhecer o uso destas tecnologias para a aula que junto com o

manuseio dos ímãs de neodímio e, também, o fato de usar o acelerador magnético, inovou o processo de ensino e aquilo que parecia apenas teoria, se converteu em uma prática que permitiu observar, analisar, calcular e concluir dentro do contexto de uma sala de aula, atraindo a atenção deles o que os levou a plantear a necessidade de outras atividades experimentais, algo que antes deste trabalho, essas turmas eram praticamente indiferentes à física.

No artigo de José Aramando Valente, *“A Comunicação e a Educação baseada no uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação”* (2014), o autor enfatiza:

Portanto, a implantação das TDICs na educação vai muito além do prover acesso à informação. Elas têm que estar inseridas e integradas aos processos educacionais, agregando valor à atividade que o aluno ou o professor realiza, como acontece com a integração das TDICs em outras áreas (VALENTE, 2014, p. 21).

Se recordamos como foi o nosso aprendizado de Física no Ensino Médio, é possível verificar que até a pouco tempo era comum que nós, professores de Física, ensinássemos aos nossos alunos da forma como fomos ensinados. Claramente, atualmente isso já não é mais viável, pois em uma sociedade moderna globalizada e informatizada, o objetivo é tornar nossos alunos em indivíduos verdadeiramente críticos, capazes de realizar escolhas conscientes e promover a transformação da realidade, seja social ou científica, que nos cerca através do conhecimento.

5.1 Apresentações dos dados tabulados – “antes” e “depois” dos experimentos.

De acordo com os gráficos abaixo, é possível verificar que os alunos desenvolveram as competências e habilidades necessárias para os conteúdos abordados, dentre as quais podemos destacar:

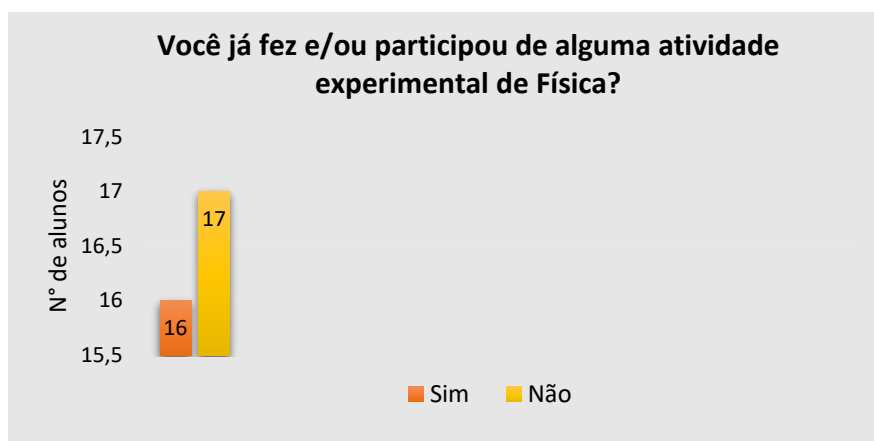
- Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica;
- Identificar movimentos que se realizam no dia a dia e as grandezas relevantes que os caracterizam;

- Fazer estimativas, realizar ou interpretar medidas e escolher procedimentos para caracterizar deslocamentos, tempos de percurso e variações de velocidade em situações reais;
- Compreender os conceitos físicos que se relacionam ao movimento dos corpos.

De acordo com cada questão, é possível observar e concluir que:

A questão 1 se refere apenas à participação deles em uma atividade experimental. Da figura podemos observar que 52% disseram nunca terem tido uma participação em atividades experimentais.

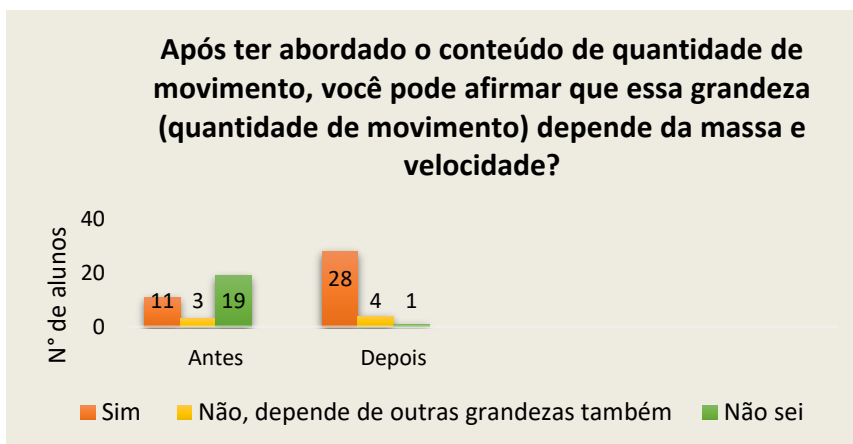
Figura 17 - Questão 1



Fonte: autoria própria

A questão 2 se refere à quantidade de movimento. A pergunta tinha como objetivo verificar se os alunos entenderam de quais parâmetros depende a quantidade de movimento. Verificou-se que o número de alunos, 85% assinalaram corretamente, ou seja, dobrou de valor.

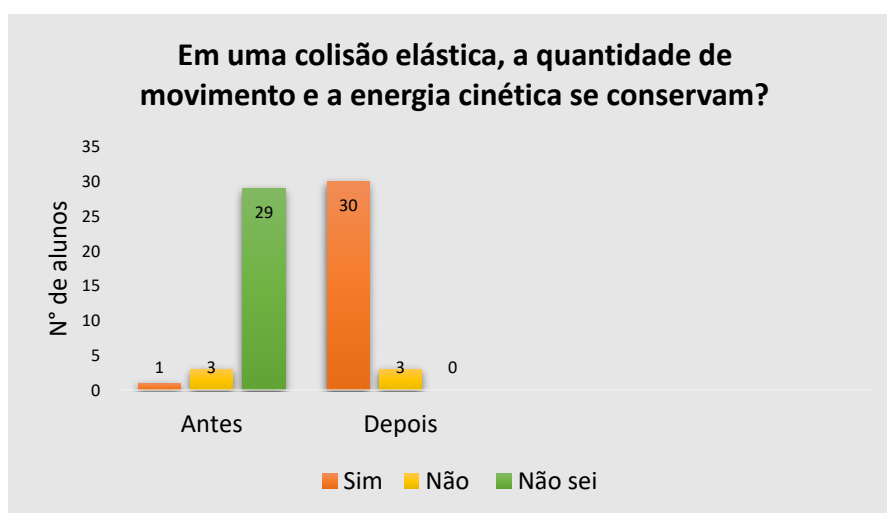
Figura 18 - Questão 2



Fonte: autoria própria

Na questão 3 em que é perguntado sobre o que se conserva em uma colisão elástica, o índice de acerto após o experimento foi de 91%. Antes do experimento o índice era de apenas 3%.

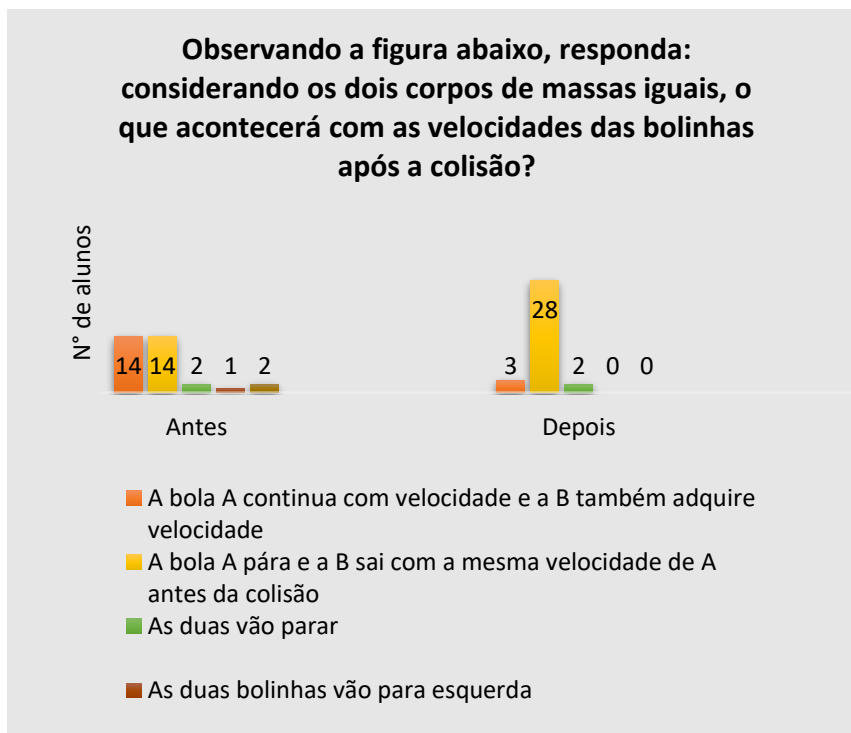
Figura 19 - Questão 3



Fonte: autoria própria

Na questão 4 em que foi passado uma imagem com a respectiva colisão entre duas bolinhas de mesma massa, na qual uma delas estava em repouso, o nível de acerto passou de 50% para 85% após a realização dos experimentos.

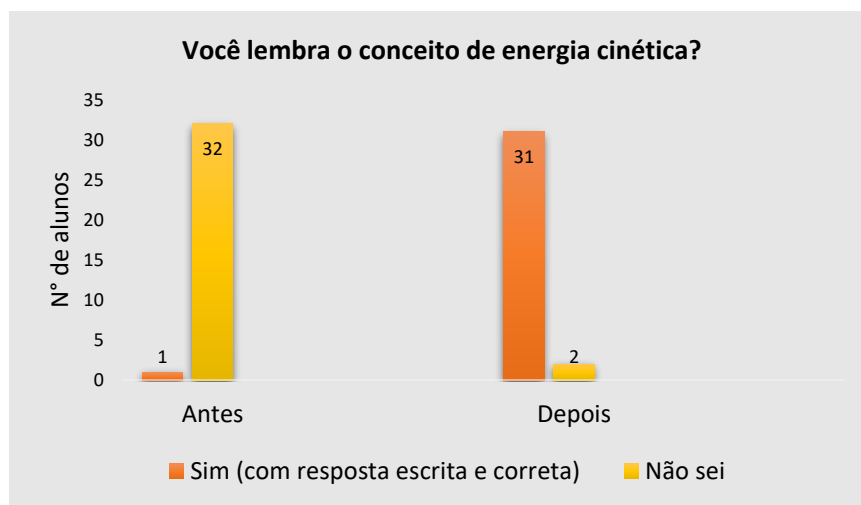
Figura 20 - Questão 4



Fonte: autoria própria

Já a questão 5 e 6 se referem ao conceito de energia cinética e como é calculada. Aqui, no quesito da equação, a evolução foi surpreendente, antes o número de acertos foi de 3% e após o experimento foi de 82%, ou seja, a maioria entendeu o conceito de energia cinética, assim como calculá-la.

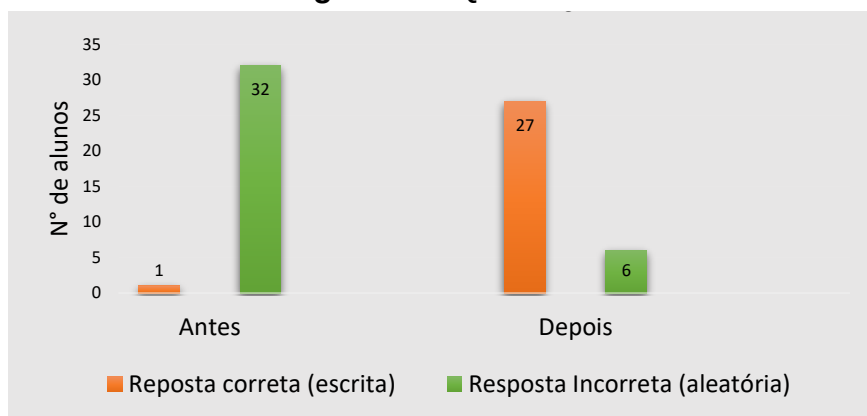
Figura 21 - Questão 5



Fonte: autoria própria

Nesta questão 6, muitos alunos deixaram em branco (30%), e foram obtidas respostas erradas, é claro, com a respectiva percentagem de alunos que erraram a questão, da seguinte forma: $E_c = m.g.h$ (10%) ; $E_c = v.t$ (20%); $E_c = m.v/2$ (30%), e ainda, $E_c = P.v.$ (10%). Verificando a respostas, mesmo erradas (antes do experimento), pode-se perceber que 90% dos alunos que erraram, sabia que a velocidade estava relacionada com a energia cinética e somente 10% não havia escrito a energia cinética em termos da velocidade, ou seja, muitos lembravam (mesmo de forma equivocada) que energia cinética e velocidade estavam relacionados, ou seja, lembravam do conceito, porém não da equação de definição, que pode ter ocorrido por dois motivos: uma falha na aprendizagem durante a apresentação do conceito no ano anterior, ou, apenas lapso de memória referente à equação.

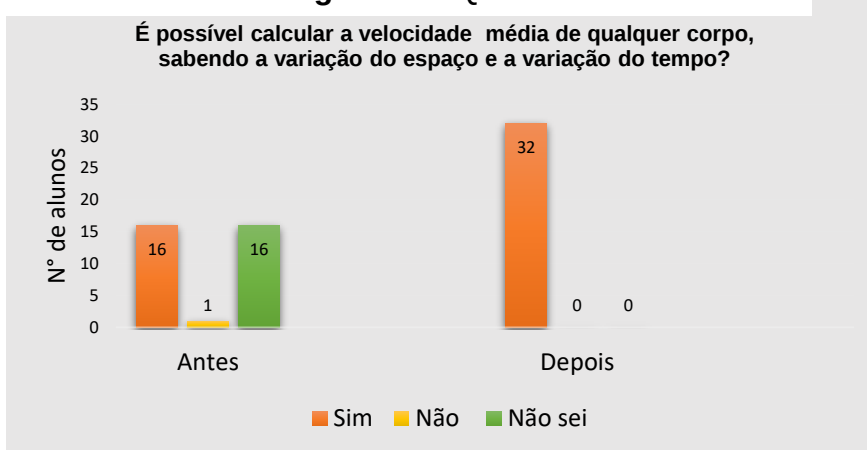
Figura 22 - Questão 6



Fonte: autoria própria

A questão 7 se refere ao cálculo da velocidade média. Aqui, o nível de acertos passou de 48% para 97%, ou seja, houve um indicativo de aprendizagem significativa.

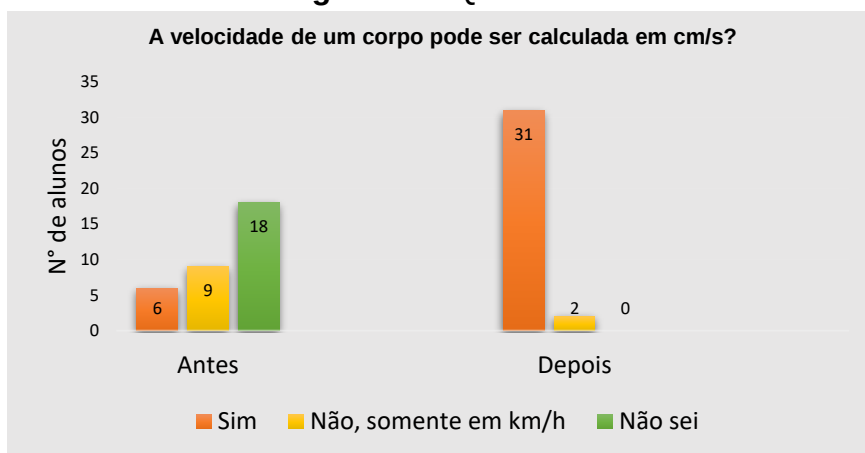
Figura 23 - Questão 7



Fonte: autoria própria

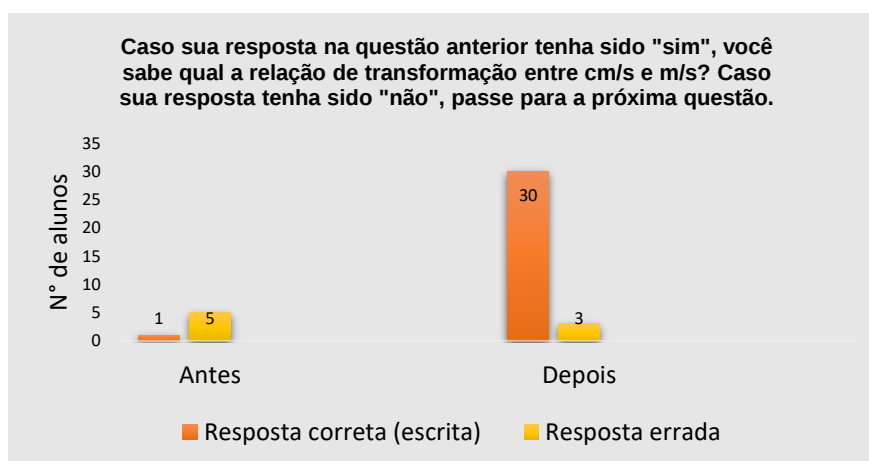
As questões 8 e 9 se referem às unidades de velocidade e suas transformações. Aqui, um dos índices de nível de acerto, passou de 3% para 91% (transformação de unidade).

Figura 24 - Questão 8



Fonte: autoria própria

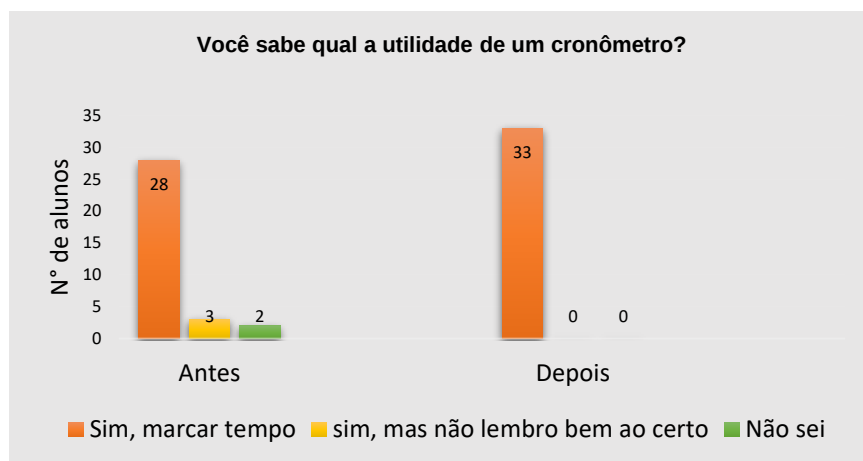
Figura 25 - Questão 9



Fonte: autoria própria

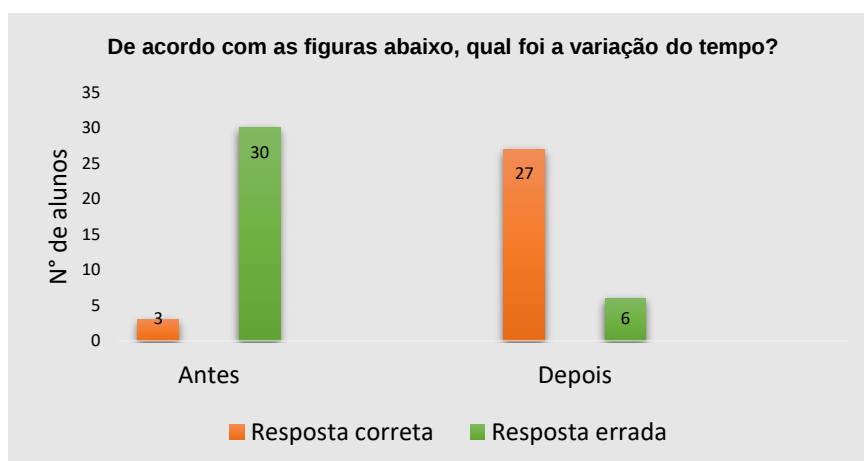
As questões 10 e 11 se referiam ao cronômetro, e pode-se verificar uma evolução de 9% para 82% para determinação da variação do tempo em cronômetro.

Figura 26 - Questão 10



Fonte: autoria própria

Figura 27 - Questão 11



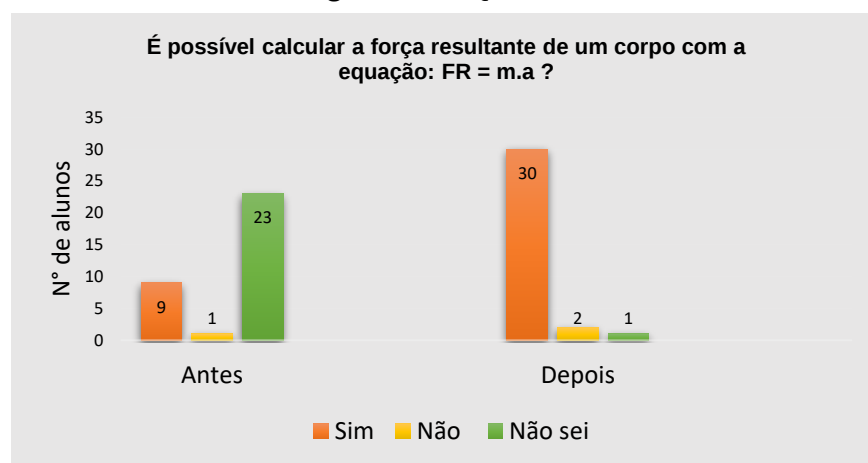
Fonte: autoria própria

Como observado no gráfico da figura 27, questão 11, a surpresa foi grande, 91% erraram durante o levantamento de conhecimentos prévios. Vários alunos anotaram a variação do tempo sendo 4s e outros 3s, sendo que a resposta correta era 3,66s. A maioria se confundiu na matemática e de forma equivocada, simplesmente descartaram os centésimos de segundos. Questionei eles o porquê do erro, e alguns alunos alegaram que achavam que depois dos segundos não era preciso ser considerado. O restante me disse que errou na matemática mesmo (que foi verificado na folha de respostas do levantamento de conhecimentos prévios). Tais erros, deixa evidenciado o quanto as habilidades matemáticas de vários alunos são frágeis e/ou inexistentes. E, exatamente nesse ponto, é necessário ressaltar a importância durante

as aulas de Física de realizar todo o procedimento matemático na íntegra (quando for necessário usar cálculos), pois é exatamente nesse momento, que muitos alunos acabam desenvolvendo a habilidade necessária para resoluções de problemas, habilidades essas, que não foram adquiridas durante as aulas de Matemática, porém, com uma simples aplicação na Física, o aluno compreendeu o raciocínio e aplicou de forma correta, após a aplicação do experimento.

A questão 12 era referente ao cálculo da força resultante, na qual o nível de acertos passou de 27% para 90%.

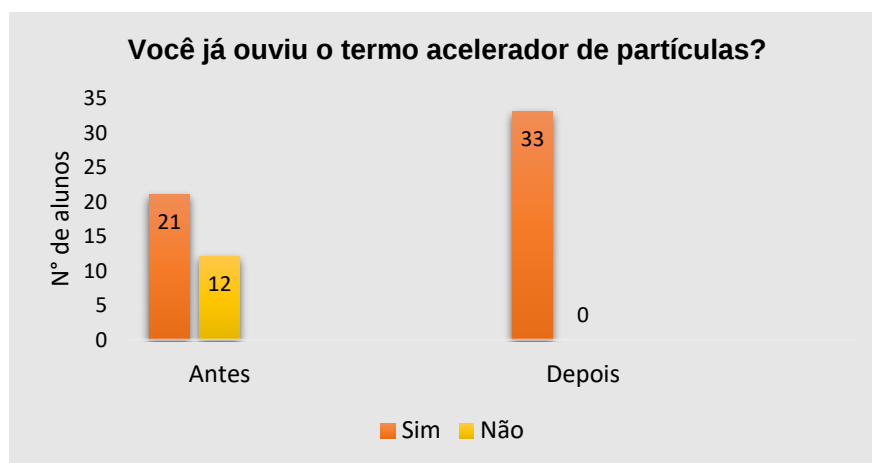
Figura 28 - Questão 12



Fonte: autoria própria

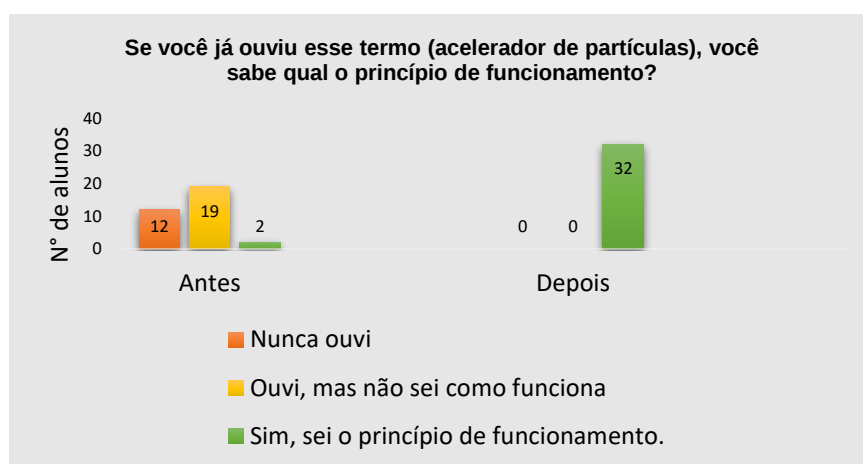
Já a questão 13 e 14 era mais importante somente para levantamento dos conhecimentos prévios, para indicar ao professor se o assunto era “familiar” ou não para seus alunos. Claro, que a resposta final o índice de acertos alcançou 100% devido serem perguntas mais fáceis, apenas denotando o conceito simples.

Figura 29 - Questão 13



Fonte: autoria própria

Figura 30 - Questão 14



Fonte: autoria própria

Ao finalizar as atividades experimentais, é possível compreender que tais práticas foram satisfatórias e atenderam às expectativas. A dinâmica das atividades foi um fator de extrema importância, gerando uma efetiva participação dos alunos e de fato, promovendo o interesse pela aprendizagem.

A aplicação do experimento gerou ampla discussão e questionamentos que permitiram estimular a aprendizagem mediante observações, levantamento de conhecimentos prévios, planejamento, interação, hipóteses e dedicação, gerando vínculos entre conceitos físicos e fenômenos naturais do cotidiano.

O desenvolvimento das atividades experimentais, oportunizou momentos de reflexão, reavaliação, contribuindo assim, para aquisição de conhecimentos de forma significativa, fazendo uma ponte entre teoria e prática. Tem-se que ressaltar também que houve a integração de diversos saberes, tanto populares quanto científicos, que são peças fundamentais para a manifestação da aprendizagem significativa, e assim, nesta perspectiva, foram valorizados os conhecimentos já adquiridos anteriormente, ou seja, os conhecimentos prévios.

Sempre que as dúvidas surgiam, foram realizadas intervenções da forma mais clara possível solucionando as dúvidas, como também aconteceu algumas vezes com as intervenções convenientes em que houve avanços nos propósitos estabelecidos, para alcançar o patamar desejado de aprendizagem.

A avaliação diagnóstica ocorreu no início do projeto, sendo realizada por meio da aplicação de um pré-teste. O mesmo teste foi aplicado na finalização para avaliar a contribuição da intervenção na evolução da aprendizagem dos alunos. Os resultados do antes e do depois do experimento, demonstraram que houve um aumento significativo de conhecimento sobre os conceitos da disciplina de Física e sua aplicação no cotidiano.

Ainda, como resultado deste trabalho, foi elaborado um Blog Educacional, em que foi postado o Produto Educacional desta pesquisa, disponível em: <https://robertomagnetico.blogspot.com/>. Assim, todos os professores que queiram aplicar e/ou que estiver com dúvidas, poderá perguntar e interagir com o autor, sobre o desenvolvimento da Sequência Didática.

“Os ideais que iluminaram o meu caminho são a bondade, a beleza e a verdade”.

Albert Einstein

6- Considerações Finais

As atividades experimentais na disciplina de Física, são essenciais para a compreensão dos fenômenos físicos e muito importantes para a aprendizagem de conceitos, algumas vezes abstratos para o aluno, de forma mais ativa e concreta, contribuindo para complementar o conhecimento dos alunos em uma aula meramente teórica.

A obtenção da realidade sobre o conhecimento dos alunos, relacionados a cinemática, possibilitada pelos instrumentos de coleta dos conhecimentos prévios e a análise dos dados, nos permite afirmar veemente que a prática de atividades experimentais faz muita diferença, no desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Sabemos o porquê que muitos professores não aplicam atividades experimentais, seja pelo fato de várias escolas não possuírem o ambiente físico para a prática de atividades experimentais; seja por não possuírem, ou não dispõem de materiais básicos para a experimentação; seja pela indisciplina ou ainda pelo número elevado de alunos por sala de aula, deixando de fazer aulas experimentais.

Porém, em muitos casos, é possível quebrar este paradigma, usando e promovendo a experimentação, seja pelo uso de materiais de baixo custo, onde predomina na prática docente, ou pela montagem de equipamentos relativamente simples que fazem toda diferença, como é o caso deste acelerador magnético, fazendo a mediação para os alunos, entre conceito e prática, inserindo na prática docente aulas experimentais, e consequentemente gerando maior interesse e participação dos alunos nas aulas.

Os experimentos, facilitam o processo de aprendizagem pois, são uma forma de aprendizagem dinâmica no quesito interação com aluno. Toda essa interação entre alunos e professor, acaba gerando debates, permitindo uma conexão emocional que permite ver o professor como um mediador entre teoria e prática que, aproveitando todo o conhecimento trazido pelos alunos, facilita a assimilação do conhecimento abordado. Ao conhecimento popular adquirido pelo aluno foi agregado o

conhecimento científico diminuindo as dificuldades na assimilação de conceitos. Neste contexto, a aplicação de atividades experimentais, foi de efetiva importância, visto que serviram de ponte entre os conhecimentos interiorizados pelo aluno e o que ele deveria saber para que esse material fosse potencialmente significativo.

Para o professor, ficou evidente as mudanças significativas na postura e participação dos alunos. Muitos daqueles que, em geral, eram apáticos, envolveram-se ativamente nas atividades. É possível construir uma abordagem para os conceitos de velocidade média e instantânea, por exemplo, que seja aplicada conceitualmente, partindo de problemas concretos, subtraídos da realidade vivida e observada pelos alunos, e onde os conceitos não são definidos ou enunciados, antes, são construídos, discutidos e por fim, nomeados.

Para os alunos, as atividades experimentais mostraram que a física é mais que uma equação ou definição, além de evidenciar a importância da experimentação na sua formação. Pode-se assim dizer que por meio de atividades experimentais o aluno foi ator na construção do seu conhecimento, já que a experiência demonstrativa seria mais propícia para um enfoque dos resultados de uma ciência acabada. E pode-se destacar que, de acordo com Ausubel (2003), um dos requisitos para que ocorra Aprendizagem Significativa é a pré-disposição do estudante em aprender significativamente.

Realizando novamente a aplicação do teste (questionário 2), após as atividades experimentais, fica evidente, pelos dados tabulados, a ampliação do conhecimento do aluno em relação à Cinemática, permitindo a compreensão dos conceitos envolvidos e sua aplicação no cotidiano. A Cinemática, que já havia sido estudada pelos alunos, sob outro olhar, com o método tradicional (apenas teórico), e que os alunos não haviam compreendido, ficou evidente os indícios de aprendizagem dos alunos, através das respostas deles.

Os resultados mostram que o ensino de Física pode se tornar mais efetivo com a utilização da experimentação como uma metodologia dinamizada motivando o aluno para o desenvolvimento da aprendizagem significativa.

Porém, para atender a essa demanda, precisamos de propostas inovadoras, com quebras de paradigmas, resultado de diversas pesquisas na área do ensino de

Física e de uma formação continuada dos professores. Ainda existe uma grande distância entre essas novas propostas e as ações desenvolvidas em sala de aula pelos professores. Sabemos que ainda os investimentos em educação, o envolvimento da família, enfim, da sociedade como um todo, está muito aquém do necessário, entretanto o primeiro passo para diminuir essa distância é um ato contínuo de querer mudar, devemos nos propor a conhecer trabalhos relevantes em nossa área de interesse e usá-los a nosso favor, onde a palavra-chave é reaprender.

Referências

- ALEGRO, Regina Célia. **Conhecimento prévio e aprendizagem significativa de conceitos históricos no Ensino Médio**. 2008. Doutorado em Educação. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP, Marília, São Paulo
- AUSUBEL, D. (2003): **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano.
- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.
- BAZIN, M. (1987). Three years of living science in Rio de Janeiro: learning from experience. Scientific Literacy Papers, 67-74. Brasil. (1998). **Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais/Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília: MEC/SEF.
- BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional**. Brasília: MEC, 1996
- BREITHAUPT, Jim; **Física**, 3ª Edição, LTC, 2012
- DELORS, Jacques (org.). **Educação um tesouro a descobrir – Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI**. Editora Cortez, 7ª edição, 2012.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.
- GERHARDT Tatiana Engel, SILVEIRA Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa, Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS – Porto Alegre**, Editora da UFRGS, 2009. 120 p.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- _____. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- Guimarães, L. R. (2009). **Série professor em ação: atividades para aulas de ciências: ensino fundamental**, 6º ao 9º ano. 1.ed. – São Paulo: Nova Espiral.
- Halliday, David, Resnick, Robert e Walker, Jearl, **Fundamentos de Física**, Volume 3 Eletromagnetismo, Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2007
- MOREIRA, M.A. e MASINI, E.A.F. (2006). **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora.
- MOREIRA, Marco Antonio; LEVANDOWSKI, Carlos Ernesto. **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. Editora da Universidade – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 1983.
- PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre, Artmed, 1999.

SÃO PAULO, SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes. – 1. Ed. Atual. – São Paulo: SE, 2011. 152 p.

SERÉ, Marie-Geneviève, COELHO, Suzana Maria, NUNES, António Dias, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.20, n.1: 30-42, 2003.

VALENTE, José Armando, **“A Comunicação e a Educação baseada no uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação”**, Revista UNIFESO – Humanas e Sociais Vol. 1, n. 1, 2014.

VIRGÍNIO, Maria Helena da Silva. **A análise dos conceitos de formação docente no contexto educativo-formativo brasileiro**. Tese (Doutorado em Educação) – UFPB/CE, João Pessoa, 2009.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A., **FÍSICA IV - ÓTICA E FÍSICA MODERNA**, 12a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.

APÊNDICE A

Questionário 1 antes do experimento

Tem como objetivo verificar o estado emocional do aluno frente à disciplina de física

1) Você gosta de estudar física? Por quê?

- a. Não gosto
- b. Às vezes
- c. Sim
- d. Sem opinião

2) Qual diferença que você vê entre a física e a matemática?

- a. Nenhuma diferença
- b. Tem diferença
- c. Pouca diferença/parecidas
- d. Sem opinião

3) Você acha o ensino de física importante?

- a. Sim
- b. Não
- c. Às vezes

4) Você vê relação com o que aprende em física com o seu cotidiano e com as tecnologias?

- a. Sim
- b. Não
- c. Não sabe
- d. Às vezes

APÊNDICE B

Questionário 2 antes do experimento:

1) Você já fez e/ou participou de alguma atividade experimental de física?

☐ sim

☐ não

2) Após ter abordado o conteúdo de Quantidade de movimento, você pode afirmar que essa grandeza (quantidade de movimento) depende da massa e velocidade:

☐ sim

☐ não, depende de outras grandezas também

☐ não sei

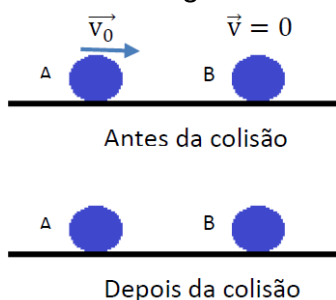
3) Em uma colisão elástica, a quantidade de movimento e a energia cinética se conservam?

☐ sim

☐ não

☐ não sei

4) Observando a figura abaixo, responda:



Considerando os dois corpos de massas iguais, o que acontecerá com as velocidades das bolinhas após a colisão:

a. A bola A continua com velocidade e a B também adquire velocidade;

b. A bola A para e a B sai com a mesma velocidade;

c. As duas bolinhas vão parar;

d. As duas bolinhas vão para a esquerda

e. Não sei

5) Você lembra o conceito de energia cinética?

☐ sim. Resposta: _____

☐ não sei

6) Como é realizado o cálculo de energia cinética?

Resposta: _____ () não sei calcular

7) É possível calcular a velocidade média de qualquer corpo, sabendo a variação do espaço e a variação do tempo?

() sim () não () não sei

8) A velocidade média de um corpo pode ser calculada em cm/s?

() sim () não, somente em km/h () não sei

9) Caso sua resposta na questão anterior tenha sido “sim”, você sabe qual a relação de transformação entre cm/s e m/s? Caso sua resposta tenha sido “não”, passe para a próxima questão.

() sim. _____

() não lembro.

10) Você sabe qual a utilidade de um cronômetro?

- () sim, marcar tempo.
() sim, mas não lembro bem ao certo.
() não sei

11) De acordo com as figuras abaixo, qual foi a variação do tempo?

00:04.53

00:08.19

$\Delta t =$ _____

12) É possível calcular a força resultante de um corpo com a equação: $F_R = m \cdot a$

() sim () não () não sei

13) Você já ouviu o termo “acelerador de partículas”?

() sim () não

14) Se já ouviu esse termo (acelerador de partículas), você sabe qual o princípio de funcionamento?

- () nunca ouvi
- () ouvi, mas não sei como funciona
- () sim, sei o princípio de funcionamento.

APÊNDICE C

Roteiros experimentais:

- Roteiro I - Determinação da velocidade média:

- 1) Verificar se a fita métrica se está na posição de filmagem, conforme figura abaixo (figura 12);

Figura 12 - início do Roteiro experimental I



Fonte: autoria própria

- 2) Verificar as bolinhas ao longo do imã (duas em duas em cada imã), conforme a figura 13:

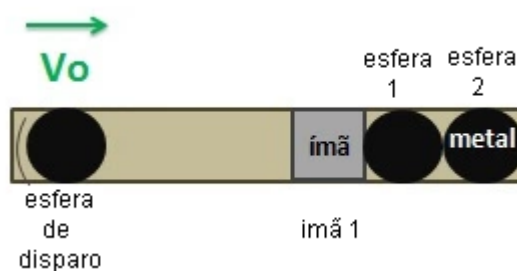
Figura 13 - esferas duas em duas



Fonte: autoria própria

- 3) Localizar o cronômetro no PC e prepara-lo para filmagem, conforme figura 12;
- 4) Preparar a câmera e/ou celular para filmagem;
- 5) Acionar o cronômetro;
- 6) Ligar a filmagem do celular e/ou câmera para registrar o tempo do cronômetro e as posições da esfera;
- 7) Soltar a esfera de lançamento, conforme figura 14;

Figura 14 - esfera de lançamento



Fonte: autoria própria

- 8) Após a última esfera soltar do ímã, pausar a gravação do celular;
- 9) Verificar a filmagem em câmera lenta;
- 10) Anotar os dados no quadro 3:

Note: veja que as medidas estão em centímetros, ou seja, já peça para os alunos realizarem a transformação de unidades, ou seja, transformar em metros, explorando ainda mais os conceitos de transformação de unidades.

Quadro 3 - Dados da filmagem

Cálculo da velocidade média	
S ₁ = ____ cm	T ₁ = ____ s
S ₂ = ____ cm	T ₂ = ____ s

Fonte: autoria própria

11) Com os dados do quadro 3 aplicar a relação:

$$V = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \text{ e determinar a velocidade média encontrada}$$

12) Qual o valor da velocidade média em m/s? E qual o Valor em Km/h?

Nota: aqui o professor pode trabalhar as unidades de medida

13) Qual ou quais as formas de transformação de unidades referente à velocidade?

14) Como seria possível encontrar um valor da velocidade instantânea e da aceleração?

Roteiro II – Determinação da Velocidade Instantânea e aceleração:

- Siga os passos: 1 ao 9, conforme o Roteiro 1;
- Quando for verificar a filmagem no celular, anote dois deslocamentos sucessivos da esfera do lado esquerdo da pista, ou seja, no início da pista de rolagem.
- Repetir o item 2, porém do lado direito da pista, ou seja, no final da pista, para calcular o valor da desaceleração da esfera. Anote os dados retirados no quadro 4, a seguir:
- **Note:** veja que as medidas estão em centímetros, ou seja, já peça para os alunos realizarem a transformação de unidades, ou seja, transformar em metros, explorando ainda a transformação de unidades.

Quadro 4 - Dados da filmagem

Cálculo da velocidade instantânea		Posições da esfera
$S_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ cm}$ $\underline{\hspace{1cm}} \text{ m}$	$T_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ s}$	Lado esquerdo (início da pista)
$S_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ cm}$ $\underline{\hspace{1cm}} \text{ m}$	$T_2 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ s}$	
$S_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ cm}$ $\underline{\hspace{1cm}} \text{ m}$ $\underline{\hspace{1cm}}$	$T_3 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ s}$	Lado Direito (final da pista)
$S_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ cm}$ $\underline{\hspace{1cm}} \text{ m}$	$T_4 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ s}$	

Fonte: autoria própria

Com os dados da tabela aplicar a relação

$$V_1 = \frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1} \quad \text{e} \quad V_2 = \frac{S_4 - S_3}{t_3 - t_4}$$

para determinar o valor do módulo da velocidade instantânea no início e no final da pista, anotando duas posições consecutivas no início da trajetória e anotando também, dois pontos consecutivos ao fim da trajetória. Assim, sabendo as posições e os tempos correspondentes, consegue-se obter as velocidades do início e final da trajetória. Em seguida, é possível calcular o módulo da aceleração/desaceleração, utilizando a seguinte relação:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Roteiro III - Observação de Colisões Elásticas - Quantidade de Movimento (Abordagem Qualitativa) - análise visual de colisões das esferas.

- 1) Obter a massa das esferas do seu experimento
(**Observação:** de preferência, ao longo do experimento, utilizar esferas de massas diferentes, para que o aluno perceba a relação da massa e velocidade após as colisões);
- 2) Colocar uma esfera na canaleta, esfera em repouso e em qualquer posição e lançar a esfera de lançamento, conforme a figura 15;

Figura 15 – Para obter a Quantidade de Movimento



Fonte: autoria própria

- 3) E cada professor pode explorar o máximo possível, com questões da seguinte forma:
- Esferas iguais ao se colidirem, o que acontece com as suas velocidades?
 - Se colocarmos uma esfera em repouso, menor que a esfera de lançamento, o que ocorrerá com sua velocidade ao ocorrer a colisão?
 - E se colocarmos uma esfera em repouso, maior que a esfera de lançamento, o que ocorrerá com sua velocidade ao ocorrer a colisão?
 - Todas essas respostas podem ser anotadas no quadro 5, abaixo:

Quadro 5 - anotações para a quantidade de movimento

Esferas	Massa (kg)	Velocidade antes da colisão	Velocidade após a colisão
Esfera de Lançamento	Maior ou menor	Em movimento	Zero; maior ou menor.
Esfera de Repouso	Maior ou menor	Em repouso	Zero; maior ou menor.

Fonte: autoria própria

Roteiro IV - Lançamento Horizontal:

Adaptando o experimento, de acordo com a figura 16 abaixo, ainda é possível trabalhar o Lançamento Horizontal com seus alunos e calcular, por exemplo, a velocidade inicial de lançamento.

Figura 16 - Adaptação para Lançamento Horizontal



Fonte: autoria própria.

- **Importante:** Neste experimento, há a necessidade da obtenção da variação do tempo, entre o instante em que a esfera perde contato com a mesa, até o momento em que ela toca o solo. Em seguida, é preciso verificar a distância (alcance Horizontal: D), distância essa medida pelo espaço entre o fim da mesa e posição em que a esfera toca o chão. Com esses dados, é possível determinar a velocidade de lançamento da esfera (velocidade horizontal inicial). Para tanto, é necessário seguir o roteiro abaixo.

Siga o Roteiro:

- Monte o experimento de acordo com a figura 16;
- Inicie o cronômetro do notebook sem se preocupar com o zero, porque o que vai interessar aqui, é a variação do tempo;
- Inicie a filmagem com o celular (cuidado para a posição do celular. Coloque o celular em uma posição que é possível detectar todo o campo experimental, caso contrário, não será possível a detecção exata da variação do tempo;
- Solte a esfera de lançamento;
- Faça a gravação até a esfera tocar o chão;
- Veja em filmagem em câmera lenta;
- Anote o instante que o cronômetro marcava quando a esfera deixou a mesa (final da mesa) e anote no quadro 6;

Quadro 6 - Lançamento Horizontal

Instante de saída da mesa	Instante de queda no chão	Variação do tempo	Alcance Horizontal
$T_1 = \text{____s}$	$T_2 = \text{____s}$	$\Delta t = \text{____s}$	$D = \text{____m}$

Fonte: autoria própria

- Anote o instante que o cronômetro marcava quando a esfera deixou a mesa e anote no quadro 6;
- Verifique com a fita métrica, o alcance horizontal D em relação a mesa. Anote na tabela 4;
- Calcule a variação do tempo $\Delta t = t_2 - t_1$;
- Calcule o módulo da velocidade inicial de lançamento da mesa, aplicando a relação:

$$D = V_0 \cdot t,$$

Onde:

D: alcance horizontal;

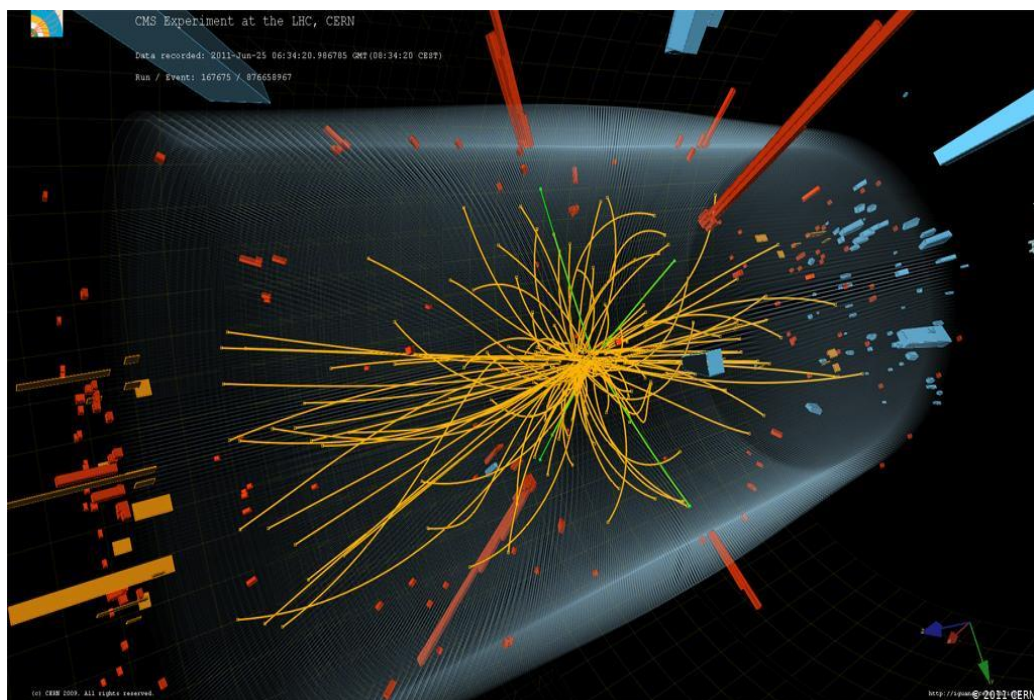
V_0 : Velocidade inicial;

T = tempo



***PRODUTO EDUCACIONAL DESENVOLVIDO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA.***

**A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA:
CINEMÁTICA E DINÂMICA.**



Roberto Vitorino dos Santos

Presidente Prudente
AGOSTO DE 2020

SUMÁRIO

1-	Apresentação.....	01
1.1-	Justificativa.....	02
2-	Descrição detalhada do equipamento	03
2.1 –	Materiais necessários	03
3-	Sequências Didáticas aplicadas e descrição das atividades	04
3.1-	Aula 1- Levantamento dos conhecimentos prévios	06
3.2-	Aula 2- Velocidade Média.....	09
3.3-	Aula 3- Velocidade média e Velocidade instantânea.....	12
3.4-	Aula 4- Sistematização	14
3.5-	Aula 5- Aceleração	15
3.6-	Aula 6- Lançamento Horizontal	18
3.7-	Aula 7- Colisões Mecânicas	22

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição e objetivos da sequência didática aplicada	04
Quadro 2 - Dados da Filmagem para determinar a velocidade média e instantânea	14
Quadro 3 - Dados da filmagem para determinar a aceleração	17
Quadro 4 - Principais equações do Lançamento Horizontal	19
Quadro 5 - Lançamento Horizontal	21
Quadro 6 - Tipos de colisões	25

1. APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a), neste Produto Educacional, você encontrará orientações, sugestões e aplicabilidade que poderão auxiliá-lo no desenvolvimento de conteúdos de Cinemática e da Dinâmica. Este material instrucional consiste em atividades experimentais, referente à conclusão do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), juntamente com a FCT/Unesp - Universidade Estadual Paulista em Presidente Prudente, dentre os quais pode-se destacar:

- Velocidade média;
- Velocidade instantânea e aceleração;
- Lançamento horizontal;
- Conceitos de quantidade de movimento.

Todo este trabalho se baseou segundo os pressupostos da teoria da educação de David Ausubel (2003), em que o conceito central é a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), na qual propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem que apresenta a ideia de que novas informações e conhecimentos prévios pressupõe que os conceitos subsunçores constituam-se enquanto tais e potencializem a aprendizagem.

Nos pré-testes, em que é a primeira etapa desta pesquisa, teve como objetivo a coleta de dados e principalmente o levantamento de conhecimentos prévios dos alunos. Em seguida aplicou o experimento (segunda etapa) explicando e detalhando todos os equipamentos do experimento para os alunos, que foram divididos em grupos. Na terceira etapa, foi reaplicado o pré-teste, cuja ideia era verificar os indícios de aprendizagem significativa, verificando a apropriação de conhecimentos através da interação dos alunos com as atividades experimentais.

O profissional/professor que desejar reaplicar este material, terá uma oportunidade de utilizar uma metodologia diferenciada, aplicando conceitos contextualizados, conectado com a tecnologia, que muito atrai a atenção dos alunos, resultando em uma aprendizagem significativa para alunos e professor.

1.1 JUSTIFICATIVA

Muitos professores se deparam e acabam relatando, a dificuldade de envolvimento dos alunos com conteúdo de Cinemática, tornando a aula desmotivadora e conseqüentemente não gerando a aprendizagem necessária. Alguns profissionais até relatam que ficam surpresos pelo fato de os alunos não participarem da aula de forma mais participativa, já que é um assunto tão presente no dia a dia de cada um, e deveria envolvê-los mais.

Diante deste cenário, este produto foi desenvolvido para apresentar estratégias diversificadas para o ensino de Cinemática. Porém, vai ser possível verificar ao longo deste produto, que o experimento pode ser reaproveitado em várias situações de aprendizagem, envolvendo outros conteúdos da Física.

Mas afinal, por que utilizar este produto para aplicar tais conteúdo? Porque, através do acelerador magnético é possível mobilizar os alunos de forma atuante e conseqüentemente maior participação e aproveitamento por parte dos alunos. Ressalto ainda, que o tema pode ser daquele conteúdo já trabalhado em outro momento ou que ainda está por vir, cabendo ao professor, com base no conhecimento de sua turma, escolher a melhor forma de trabalhar.

Logo, o objetivo deste produto é oferecer uma maneira de planejar a construção de um experimento que possibilite a aprendizagem significativa de conceitos físicos. Para isso será utilizada uma gama de recursos que, explicado aqui, poderá orientar outro professor interessado em implementar esta proposta de aprendizagem.

A organização deste produto está dividida em seções, a saber: A seção 1 de consta a introdução e Justificativa que trata do tema a ser pesquisado e dos equipamentos utilizados, relativo à escolha daquilo que se pretende construir como experimento, neste caso, primeiramente, para o cálculo da velocidade média, e em seguida, é apresentado outras formas de utilização do experimento para obtenção de outros dados e conseqüentemente outros conhecimentos Físicos.

Na seção 2, Descrição Detalhada do Desenvolvimento em Sala de Aula, aborda a adaptação do Acelerador Magnético, levantadas na seção anterior à realidade do aluno, através de filmagens e cálculos para a determinação da velocidade média. O CUSTO DO EXPERIMENTO está na nesta seção também, onde encontra um

apanhado de custo do experimento desenvolvido, servindo apenas como ideia de gasto e pode variar bastante devido situações ditas adiante neste produto.

A seção 3, Sequência Didática e comentário das aulas, seção essencial para a construção de um planejamento que possa verificar a ocorrência de aprendizagem significativa, através das perspectivas de outros alunos. Entretanto, também é possível verificar que os conteúdos, desde o mais abrangente até aquele de maior nível de dificuldade e especificidade, estiveram presentes nas discussões entre alunos e professor. Por fim, a seção 4 consta os apêndices deste produto.

2. Descrição Detalhada do Experimento – Determinação da Velocidade Média.

Antes de iniciar o experimento em si, é necessário realizar o levantamento de conhecimentos prévios dos alunos, para que o professor saiba exatamente quais os conhecimentos que seus alunos já possuem, e a partir desse ponto, realizar as intervenções que cada professor julgue ser necessário para a aplicação do experimento. Portanto, esse levantamento dos conhecimentos prévios pode ser realizado através do Apêndice A, presente neste produto educacional.

Veja na seção 2.1, a seguir, os materiais necessários para montagem do experimento.

2.1 Materiais necessários

O custo dos materiais para efetuar a montagem experimental foi de aproximadamente R\$100,00, considerando, é claro, que o professor já tenha a disponibilidade de um notebook, e que as esferas de aço podem ser adquiridas gratuitamente nas oficinas de rolamentos. Podemos destacar os seguintes equipamentos:

- 6 ímãs de neodímio de 25mm de diâmetro e 5mm de espessura;
- 1 prancha de madeira, para base, medindo 2m de comprimento por 0,3m de largura;

- 6 abraçadeiras de metal para fixação dos imãs;
- 1 canaleta de cano pvc $\frac{1}{2}$ polegada, cortado longitudinalmente, medindo 2m de comprimento;
- 13 esferas de aço para determinação da velocidade média, velocidade instantânea, aceleração e lançamento horizontal;
- 13 esferas de diâmetro diferente da anterior para a verificação visual da conservação quantidade de movimento.

3. SEQUÊNCIA DIDÁTICA APLICADA E DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

A sequência didática desenvolvida foi dividida em seis aulas de cinquenta minutos, exposta através do esboço representado pelo quadro 1 a seguir:

Quadro 1: Descrição e objetivos da sequência didática aplicada

Aula	Objetivos	Atividade	Habilidades	Tempo
01	Investigar os alunos quanto ao conceito de Física e suas aplicações	Questionário (1) antes do experimento	Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica	20 minutos
	Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre Cinemática.	Questionário (2) antes do experimento.	Identificar movimentos que se realizam no dia a dia e as grandezas relevantes que os caracterizam	30 minutos
02	Análise e questionamentos do professor em relação a turma de alunos, de acordo com a leitura do texto de apoio.	Discussão sobre os principais temas debatidos: excesso de velocidade, velocidade	Observação de movimentos do cotidiano – variação do espaço, tempo, velocidade.	30 minutos

		média, tempo de viagem.		
	Divisão em grupos de alunos (a atividade poderá ser desenvolvida por apresentação ao grupo total de alunos, ficando à critério do professor)	Realização do início da montagem experimental.	Realizar o procedimento para a coleta de dados e identificação das possíveis fontes de erro e como evita-las.	20 minutos
03	Aplicação do Roteiro experimental I, para realização da atividade prática sobre o conteúdo de velocidade média.	Detalhar, explicar e aplicar o Roteiro Experimental I.	Fazer estimativas, realizar ou interpretar medidas e escolher procedimentos para caracterizar deslocamentos, tempos de percurso e variações de velocidade em situações reais	50 minutos
04	Sistematizar os conceitos fundamentais da Cinemática e concluir o tema.	Reaplicar o Roteiro experimental 1, questões: 7; 8; 9; 10 e 11.	Verificar o número de acertos dos alunos, verificando se houve indícios de aprendizagem.	50 minutos
05	Leitura do texto de apoio e aplicação do Roteiro experimental II, para realização da atividade prática sobre o conteúdo de aceleração.	Realizar o Roteiro Experimental 2.	Definir e utilizar o conceito de velocidade instantânea, assim como calcular a aceleração (ou desaceleração).	30 minutos
	Sistematizar o assunto e concluir, refazendo o questionário 1.	Refazer as questões 11; 12; 13; 14.	- Desenvolvimento da interpretação física do conceito de aceleração.	20 minutos

06	Aplicação do Roteiro Experimental III para calcular a velocidade horizontal do lançamento em questão	Texto de Apoio e Realizar o Roteiro 3.	- Compreender os conceitos físicos que se relacionam ao movimento dos corpos. - Saber calcular as grandezas físicas relacionadas com o lançamento horizontal	50 minutos.
07	Identificar os tipos de colisões mecânicas e suas variáveis.	Texto de Apoio e Realizar o Roteiro 4.	- Identificar os tipos de colisões mecânicas; - Reconhecer a conservação da energia nas colisões elásticas	50 minutos

Fonte: autoria própria

Aula 01

Para iniciar, na primeira aula da Sequência Didática (SD), utilizou-se um questionário inicial (que se encontra na sequência) com o objetivo de promover um levantamento do conhecimento dos alunos sobre o significado da Física e suas aplicações, assim como sua relação com o cotidiano e as tecnologias.

Questionário antes do experimento:

1) Você gosta de estudar física? Por quê?

- a. Não gosto
- b. Às vezes
- c. Sim
- d. Sem opinião

2) Qual diferença que você vê entre a física e a matemática?

- a. Nenhuma diferença
- b. Tem diferença
- c. Pouca diferença/parecidas
- d. Sem opinião

- Sim
- Não
- Às vezes

- a. Sim
- b. Não
- c. Não sabe
- d. Às vezes

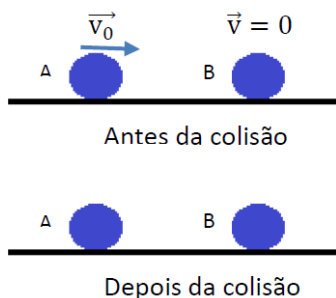
Em seguida, foi aplicado outro questionário (questionário 1), sendo necessário para realizar um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre Cinemática e Dinâmica. Veja a seguir:

1) Você já fez e/ou participou de alguma atividade experimental de física?
☐ sim ☐ não

() sim
() não, depende de outras grandezas também
() não sei

() sim () não () não sei

4) Observando a figura abaixo, responda:



Considerando os dois corpos de massas iguais, o que acontecerá com as velocidades das bolinhas após a colisão:

- a. A bola A continua com velocidade e a B também adquire velocidade;
- b. A bola A para e a B sai com a mesma velocidade;
- c. As duas bolinhas vão parar;
- d. As duas bolinhas vão para a esquerda
- e. Não sei

5) Você lembra o conceito de energia cinética?

- () sim. Resposta: _____
() não sei

6) Como é realizado o cálculo de energia cinética?

Resposta: _____ () não sei calcular

7) É possível calcular a velocidade média de qualquer corpo, sabendo a variação do espaço e a variação do tempo?

- () sim () não () não sei

8) A velocidade média de um corpo pode ser calculada em cm/s?

- () sim () não, somente em km/h () não sei

9) Caso sua resposta na questão anterior tenha sido "sim", você sabe qual a relação de transformação entre cm/s e m/s? Caso sua resposta tenha sido "não", passe para a próxima questão.

- () sim. _____
() não lembro.

10) Você sabe qual a utilidade de um cronômetro?

- () sim, marcar tempo.
- () sim, mas não lembro bem ao certo.
- () não sei

11) De acordo com as figuras abaixo, qual foi a variação do tempo?

00:04.53

00:08.19

$\Delta t =$ _____

12) É possível calcular a força resultante de um corpo com a equação: $F_R = m \cdot a$

- () sim
- () não
- () não sei

13) Você já ouviu o termo “acelerador de partículas”?

- () sim
- () não

14) Se já ouviu esse termo (acelerador de partículas), você sabe qual o princípio de funcionamento?

- () nunca ouvi
- () ouvi, mas não sei como funciona
- () sim, sei o princípio de funcionamento.

Esse questionário é de supra importância para que o professor verifique quais competências e habilidades esses alunos já possuem, ou seja, nada mais é que um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, para que o professor verifique o quanto seus alunos conhecem sobre o tema e o que será necessário para desenvolver o conteúdo.

Aula 2

Nessa aula, é introduzido uma discussão teórica, pois a apresentação de alguns conceitos básicos, é primordial para o sucesso dessa SD. Isso foi realizado com o seguinte texto de apoio:

- **Cinemática e a velocidade média:**

A Cinemática é o estudo das relações de espaço quando consideramos para este estudo a variável tempo (t). Para iniciarmos o tema é preciso definir o Metro (m) como unidade de medida para o espaço e segundo (s) como unidade para medida de tempo, em função das determinações do Sistema Internacional de medidas (SI).

As unidades de velocidade comumente adotadas são:

m/s (metro por segundo);

km/h (quilômetro por hora);

No Sistema Internacional (S.I.), a unidade padrão de velocidade é o *m/s*. Por isso, é importante saber efetuar a conversão entre o *km/h* e o *m/s*, que é dada pela seguinte relação:

$$\frac{1km}{1h} = \frac{1000m}{3600s}$$

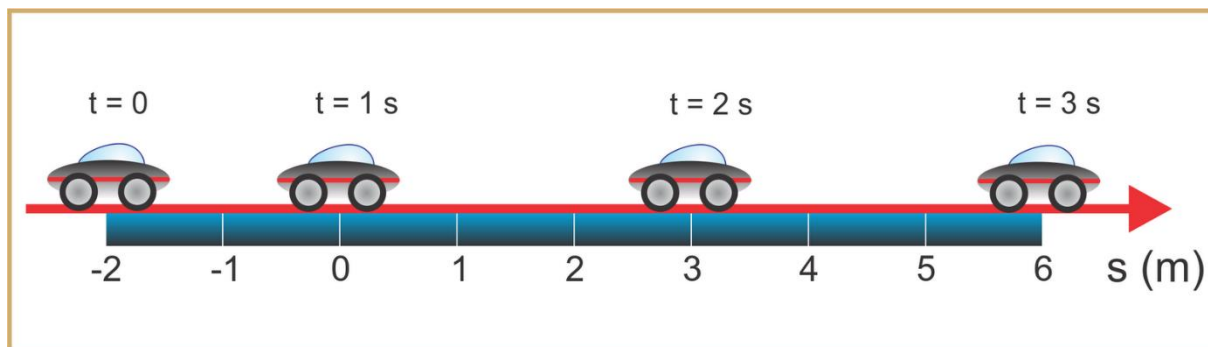
A partir daí, é possível extrair o seguinte fator de conversão:

$$\frac{m}{s} \cdot 3,6 = \frac{km}{h} \quad \text{e} \quad \frac{km}{h} \div 3,6 = \frac{m}{s}$$

- **Trajetória:** linha traçada através das diversas posições que um corpo ocupa em função do tempo, dependendo do referencial adotado. Dizemos que uma trajetória é orientada quando temos definido o ponto de origem e o sentido do movimento nela realizado. Posição: lugar onde o corpo está em cada instante de tempo que o observamos.

- **Posição:** lugar onde o corpo está em cada instante de tempo que o observamos.

Figura 1 – Exemplo de posição dos corpos



Fonte: <http://fsicafascinante.blogspot.com/p/1-ano.html>

- **Velocidade:** Suponha um carro percorrendo um trecho de estrada entre duas cidades. Sabemos que o carro não mantém a velocidade durante todo o trajeto, isto é, sua velocidade varia com o tempo. Para percorrer a variação de espaço $\Delta S = S - S_0$, o carro na figura acima precise do tempo $\Delta t = t - t_0$. A relação entre a variação do espaço e do tempo produz uma grandeza vetorial que conhecemos como velocidade média, ou seja, simboliza o quanto o corpo se move (ΔS) em um determinado tempo (Δt). O módulo da velocidade média pode ser calculado assim:

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

- **Montagem Experimental:**

Lembrando que a explicação para os alunos, assim como, a funcionalidade de cada equipamento do experimento, é de extrema importância para o sucesso da atividade experimental. Vale a pena ressaltar também, que caso o professor deseje montar o experimento com os alunos, isto também pode ser explorado, porém será necessário aumentar o número de aulas. O professor só deve ficar atento ao seu planejamento bimestral, pois pode ser que não tenha muitas aulas disponíveis e isso poderá ser um empecilho para tal.

Este experimento em particular foi montado com 6 ímãs de neodímio, com 25mm de diâmetro e 5mm de espessura, de acordo com a figura 2, abaixo. Porém, o professor poderá montar com mais ou menos quantidades de ímãs, assim como alterar a espessura em si. Nesse caso, as bolinas de aço, irá aumentar ou diminuir

sua velocidade, mas não irá alterar a essência do experimento. Tais imãs, podem ser adquiridos em lojas online ou o professor pode retirar esses imãs dos HDs de computadores velhos, por exemplo, em oficinas de computadores.

Figura 2 – Esquema da Montagem Experimental



Fonte: autoria própria

Aula 3

Nesta aula, após demonstrar a montagem experimental, indicar e corrigir as possíveis fontes de erro, entrega-se o Roteiro 1 para cada grupo e peça para determinar o que se pede:

Roteiro 1 – Velocidade Média e Velocidade Instantânea:

1. Verificar a fita métrica se está na posição de filmagem, conforme figura acima (figura 2);

2. Verificar as bolinhas ao longo do ímã (duas em duas em cada ímã), conforme a figura 3:

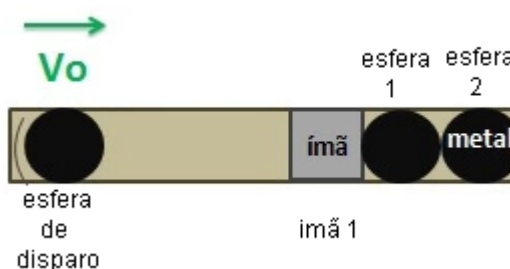
Figura 3 - esferas duas em duas



Fonte: autoria própria

3. Localizar o cronômetro no PC e prepara-lo para filmagem, conforme figura 2;
4. Preparar a câmera e/ou celular para filmagem;
5. Acionar o cronômetro;
6. Ligar a filmagem do celular e/ou câmera;
7. Soltar a esfera de lançamento, conforme figura 4;

Figura 4 - esfera de lançamento/disparo



Fonte: autoria própria

8. Após a última esfera soltar do ímã e sair da pista de condução, pausar a gravação do celular;

9. Verificar a filmagem em câmera lenta;
10. Anotar os dados no quadro 2 abaixo:

Quadro 2 - Dados da Filmagem

Cálculo da velocidade média	
S ₁ = ____ cm	T ₁ = ____ s
S ₂ = ____ cm	T ₂ = ____ s

Fonte: autoria própria

11. Aplicar a relação (módulo da velocidade):

$$V = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \text{ e determinar o módulo da velocidade média encontrada}$$

12. Qual o valor da velocidade média em m/s?
13. Qual o valor em Km/h? E em cm/s? Qual a relação de transformação entre essas medidas?
14. Para explorar o conceito de velocidade instantânea e demonstrar a diferença com a velocidade média, o professor pode fazer a seguinte pergunta para seus alunos: Como seria possível encontrar um valor da velocidade instantânea?

Aula 4

Nesta aula ocorre a sistematização do conteúdo, onde o próprio professor pode reaplicar o Roteiro experimental 1, questões: 7; 8; 9; 10 e 11 e comparar o resultado obtido com os resultados obtidos pelos alunos.

Cada item deve ser explorado ao máximo pelo professor. Também é válido aqui, o professor levantar hipóteses de erros e acertos, assim como, questionar seus alunos, lançar perguntas para que os alunos respondam e assim será possível o professor verificar se há indícios de aprendizagem.

Caso o professor verifique que seus alunos ainda estão com muitas dúvidas, retorne ao Roteiro Experimental 1 e refaça com seus alunos, item por item, explicando o que está sendo realizado e o porquê da coleta de tais dados. Explique novamente, refazendo item por item do Roteiro 1.

Aula 5

Na aula 1, foi realizado o levantamento de conhecimentos prévios dos alunos, através do questionário 1, na qual o professor já conhece através de evidências concretas, quais são as dificuldades e facilidades de seus alunos em relação ao tema.

Texto – Aceleração

Aceleração é uma grandeza física vetorial e a sua unidade é o m/s². A aceleração mede a mudança da velocidade em relação ao tempo. Portanto, podemos afirmar que aceleração é a taxa de variação temporal da velocidade de um móvel.

Fórmula de aceleração:

A fórmula de aceleração é bem simples de ser usada: é determinada pela variação de velocidade (Δv) dividida pelo intervalo de tempo (Δt), confira:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_F - v_i}{\Delta t}$$

a: aceleração média

Δt : intervalo de tempo ($t_F - t_i$)

v_F : velocidade final

v_i : velocidade inicial

Nesta equação v_F e v_i são, respectivamente, velocidade final e velocidade inicial de um móvel, medidas em m/s (metros por segundo). Já t_F e t_i são os instantes de tempo final e tempo inicial.

Quanto à unidade de medida de aceleração, de acordo com o sistema internacional de unidades (S.I.), é o metro por segundo por segundo ao quadrado, ou simplesmente m/s^2 .

Confira alguns exemplos para compreender melhor a unidade de medida da grandeza aceleração:

Um veículo que se encontrava em repouso e inicia um movimento com aceleração de 2 m/s^2 , terá sua velocidade aumentada em 2 m/s à cada segundo de seu movimento.

Um móvel que inicia uma frenagem a 3 m/s^2 terá sua velocidade decrescida em 3 m/s a cada segundo.

Tipos de movimento de acordo com a aceleração

Existem algumas classificações de movimento relacionadas ao módulo da aceleração de um móvel. Confira as mais importantes:

Movimento acelerado: Quando a velocidade de um corpo aumenta a cada segundo, dizemos que o seu movimento é acelerado. A aceleração nesse tipo de movimento é positiva.

Movimento retardado: Nesse tipo de movimento, a velocidade do móvel diminui a cada segundo, por isso dizemos que o seu movimento é retardado. Quando a velocidade do móvel diminui, sua aceleração é negativa.

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/aceleracao.htm>

Roteiro 2 – Aceleração (desaceleração devido ao atrito e resistência do ar):

Para realizar o experimento para determinar o valor da aceleração, é um pouco mais complexo, no sentido da coleta de dados, ou seja, cabe ao professor orientar muito bem seus alunos e discutir com eles as principais fontes de erro, ou o professor realiza a coleta de dados em conjunto com seus alunos e pede para eles realizarem o cálculo. Siga os passos:

Siga os passos: 1 ao 9, conforme o Roteiro 1;

- Quando for verificar a filmagem no celular, anote dois deslocamentos sucessivos da esfera do lado esquerdo (câmera lenta) da pista, ou seja, no início da pista de rolagem.
- Repetir o item 2, porém do lado direito da pista, ou seja, no final da pista, para calcular o valor da desaceleração da esfera. Anote os dados retirados no quadro 3, a seguir:

Quadro 3 - Dados da filmagem

Cálculo da velocidade instantânea		Posições da esfera
S ₁ =____cm	T ₁ =____s	Lado esquerdo (início da pista)
S ₂ =____cm	T ₂ =____s	
S ₃ =____cm	T ₃ =____s	Lado Direito (final da pista)
S ₄ =____cm	T ₄ =____s	

Fonte: autoria própria

Aplicar a relação $V_1 = \frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1}$ e $V_2 = \frac{S_4 - S_3}{t_4 - t_3}$ e determinar o valor do módulo da velocidade instantânea no início e no final da pista. Em seguida, é possível calcular o valor da aceleração/desaceleração. É importante que fique muito bem claro que uma aceleração negativa, por exemplo, seria o valor da desaceleração. Para calcular o **módulo** da desaceleração, aplica-se a relação:

$$a = \frac{V_2 - V_1}{\Delta t}$$

Para sistematizar o conteúdo e concluir, em seguida, refazer as questões 11; 12; 13; 14 do questionário 1, para que se verifique os indícios de aprendizagem,

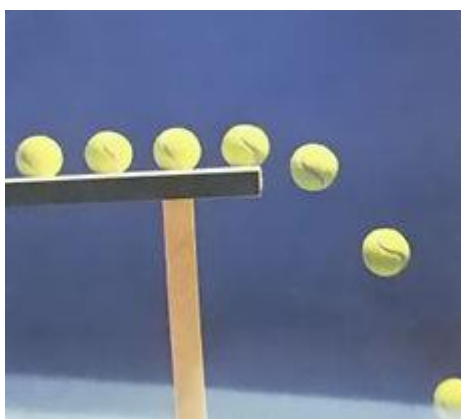
desenvolvendo no aluno a interpretação física do conceito de aceleração. A necessidade desta etapa é de extrema importância, visto que, é aqui que caso algum aluno não tenha desenvolvido todas as habilidades que deveriam, aqui é o momento do professor suprir as defasagens, assim como, consolidar os objetivos presentes nessa SD.

Aula 6

Nesta aula, iremos apresentar os conceitos básicos de **Lançamento Horizontal**, assim como as grandezas envolvidas. Tais conceitos serão apresentados e calculados através da atividade experimental, o Acelerador Magnético, de forma a deixar a aula mais significativa ao aluno, em que eles serão os protagonistas da prática experimental. Inicialmente apresentamos um texto de apoio, na qual consta a figura 5 como apenas uma ilustração do lançamento horizontal, sendo que o experimento será realizado pelo acelerador magnético.

Texto – Lançamento Horizontal

Figura 5 – Lançamento Horizontal

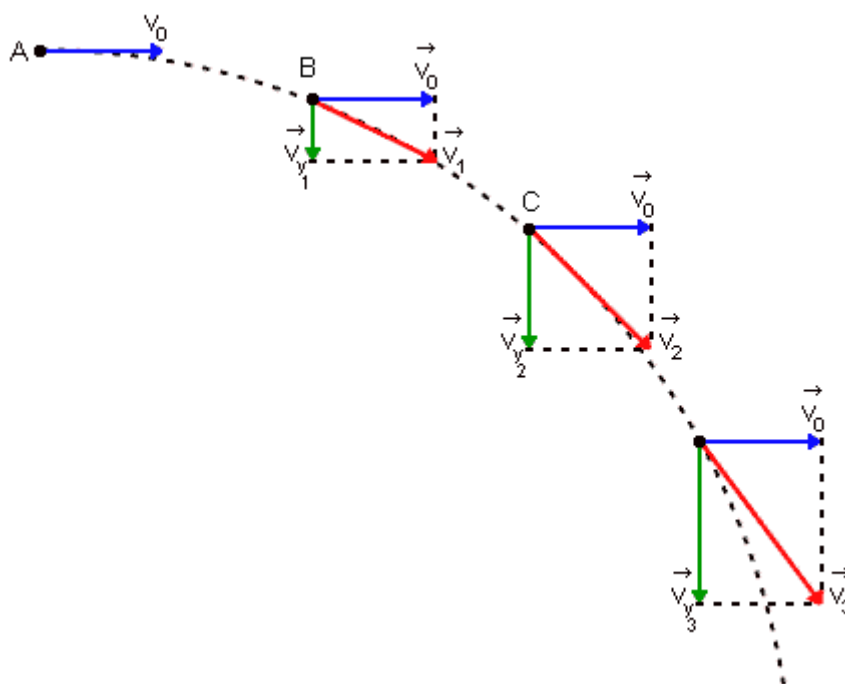


Fonte: <https://www.educabras.com>

Na Figura 5 mostramos uma bola que rola sobre uma mesa e cai. Nesse caso, sendo $\vec{V}_0$ a velocidade da bola (velocidade horizontal) quando abandona a mesa, durante a queda a bola continua a ir para a frente com a mesma velocidade $\vec{V}_0$ (Figura 6), isto significa que, **o movimento horizontal é uniforme**. Porém, **o movimento de**

queda (vertical) é uniformemente variado, ou seja, a velocidade vertical vai aumentando com aceleração $\vec{g}$.

Figura 6 – Velocidade no lançamento horizontal



Fonte: <https://www.educabras.com>

Sendo A a posição em que a bola abandona a mesa, nesse instante a velocidade da bola é $\vec{V}_0$. Algum tempo depois, quando a bola passa pela posição B, a velocidade horizontal continua sendo $\vec{V}_0$. Porém, a bola já tem uma velocidade vertical $\vec{V}_{y1}$, de modo que sua velocidade (total) é $\vec{V}_1$, o vetor $\vec{V}_1$ é tangente à trajetória. Ao passar pela posição C, a velocidade horizontal continua sendo $\vec{V}_0$ mas a velocidade vertical é um pouco maior ainda, sendo $\vec{V}_2$ a velocidade total.

- Equações:

Quadro 4 – Principais equações do Lançamento Horizontal

Funções	Movimento horizontal	Movimento vertical
Posição em função do tempo	$X = v_0 \cdot t$	$H = \frac{g \cdot t^2}{2}$
Velocidade em função do tempo	v_0	$v_y = g \cdot t$
Velocidade em função da posição	v_0	$v_y^2 = 2g \cdot \Delta H$

Fonte: <https://alunosonline.uol.com.br>

Após a leitura e discussão do texto de apoio, acima citado, em que o professor poderá realizar uma explanação geral sobre o tema, assim como explorar as figuras apresentadas no texto e discutir as equações apresentadas no Quadro 4. Após essa análise, o professor apresenta o Roteiro 3 e como prosseguir. Veja a seguir:

- **Roteiro 3 – Lançamento Horizontal:**

Adaptando o experimento, de acordo com a figura 6 abaixo, ainda é possível trabalhar o Lançamento Horizontal com seus alunos e calcular, por exemplo, a velocidade inicial de lançamento.

Figura 7 - Adaptação para Lançamento Horizontal



Fonte: autoria própria.

Siga o Roteiro abaixo:

- Monte o experimento de acordo com a figura 7;
- Inicie o cronômetro do notebook sem se preocupar com o zero, porque o que vai interessar aqui, é a variação do tempo;
- Inicie a filmagem com o celular (cuidado para a posição do celular. Coloque o celular em uma posição que é possível detectar todo o campo experimental, caso contrário, não será possível a detecção exata da variação do tempo;
- Solte a esfera de lançamento;
- Faça a gravação até a esfera tocar o chão;
- Veja em filmagem em câmera lenta;
- Anote o instante que o cronômetro marcava quando a esfera deixou a mesa e anote no quadro 5;

Quadro 5 - Lançamento Horizontal

Instante de saída da mesa	Instante de queda no chão	Variação do tempo	Alcance Horizontal
$T_1 = \text{___} \text{ s}$	$T_2 = \text{___} \text{ s}$	$\Delta t = \text{___} \text{ s}$	$D = \text{___} \text{ m}$

Fonte: autoria própria

- Anote o instante que o cronômetro marcava quando a esfera deixou a mesa e anote no Quadro 06;
- Verifique com a fita métrica, o alcance horizontal D em relação a mesa. Anote no Quadro 06;
- Calcule a variação do tempo $\Delta t = t_2 - t_1$;
- Calcule o módulo da velocidade inicial de lançamento da mesa, aplicando a relação:

$$X = V_0 \cdot t,$$

Onde:

X: alcance horizontal;

V_0 : Velocidade inicial;

T = tempo

Como forma de avaliação, o professor poderá discutir com seus alunos os resultados obtidos e caso encontre discrepâncias, é de extrema importância que o professor refaça o experimento com seus alunos, indicando o passo a passo, assim como, as possíveis fontes de erro.

Aula 7

Para esta atividade, o professor pode demonstrar experimentalmente a conservação da quantidade de movimento através de uma colisão unidimensional entre dois corpos, conforme a figura 8, abaixo. Lembrando que, pontualmente, esta atividade experimental é apenas visual, ou seja, sem coleta de dados e/ou cálculos.

Nessa atividade específica, é possível demonstrar ao aluno que colisões com esferas de mesa massas, havendo a conservação da quantidade de movimento, a outra esfera sai com a mesma velocidade que esfera que colidiu com esta. É possível verificar também as variações de velocidades com esferas de massas diferentes. Entretanto, para iniciar o tema e contextualizar, usar o texto de apoio abaixo.

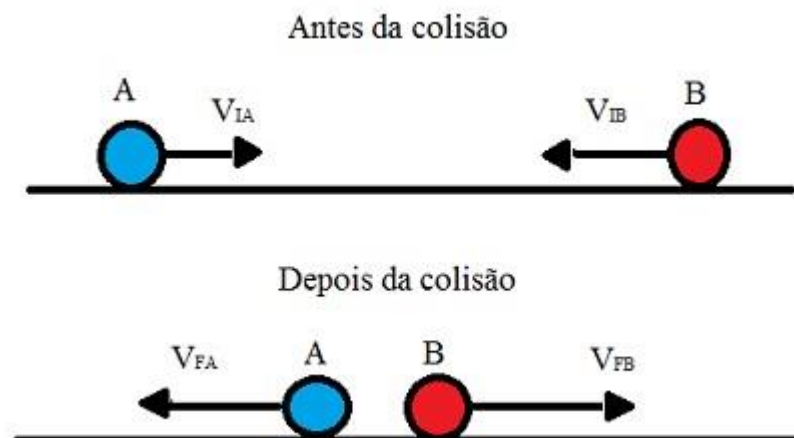
Texto – Colisões Mecânicas

As colisões são interações entre corpos em que um exerce força sobre o outro. Veja quais são as características inerentes às **colisões elásticas e inelásticas**.

Colisões elásticas

A colisão é denominada elástica quando ocorre conservação da energia e do momento linear dos corpos envolvidos. A principal característica desse tipo de colisão é que, após o choque, a velocidade das partículas muda de direção, mas a velocidade relativa entre os dois corpos mantém-se igual. Para compreender melhor, observe o exemplo da figura 8:

Figura 8 – Velocidade dos corpos A e B antes e depois de uma colisão elástica



Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br>

Podemos observar na figura acima que, após o choque, as esferas passaram a mover-se em sentido contrário ao que tinham antes de colidirem.

Tipos de colisão:

- **Colisão perfeitamente elástica**

Nesse tipo de colisão, a energia cinética dos corpos participantes é totalmente conservada. Sendo assim, a velocidade relativa de aproximação e de afastamento dos corpos será a mesma, o que fará com que o coeficiente de restituição seja igual a 1, indicando que toda a energia foi conservada. A colisão perfeitamente elástica é uma situação idealizada, sendo impossível a sua ocorrência no cotidiano, pois sempre haverá perda de energia.

- **Colisão parcialmente elástica**

Quando ocorre perda parcial de energia cinética do sistema, a colisão é classificada como parcialmente elástica. Desse modo, a velocidade relativa de afastamento será ligeiramente menor que a velocidade relativa de aproximação, fazendo com que o coeficiente de restituição assuma valores compreendidos entre 0 e 1.

- **Colisão inelástica**

Quando há perda máxima da energia cinética do sistema, a colisão é classificada como inelástica. Após a ocorrência desse tipo de colisão, os objetos

participantes permanecem grudados e executam o movimento como um único corpo. Como após a colisão não haverá afastamento entre os objetos, a velocidade relativa de afastamento será nula, fazendo com que o coeficiente de restituição seja zero.

O quadro 6, a seguir, pode ajudar na memorização das relações entre os diferentes tipos de **colisões**:

Quadro 6 – Tipos de colisões

TIPO DE COLISÃO	ENERGIA CINÉTICA	QUANTIDADE DE MOVIMENTO	COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO
PERFEITAMENTE ELÁSTICA	Totalmente conservada	Conservada	$e = 1$
PARCIALMENTE ELÁSTICA	Parcialmente conservada	Conservada	$0 < e < 1$
INELÁSTICA	Dissipada ao máximo	Conservada	$e = 0$

Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br>

Importante ressaltar novamente que, pontualmente, esta atividade experimental é apenas visual, ou seja, sem coleta de dados e/ou cálculos. Para prosseguir com a atividade experimental, siga o Roteiro 4.

Roteiro 4 – Quantidade de Movimento (apenas análise visual de colisões de esferas)

- 1) Medir a massa das esferas do seu experimento
(**Observação:** de preferência, ao longo do experimento, utilizar esferas de massas diferentes, para que o aluno perceba a relação da massa e velocidade após as colisões);
- 2) Colocar uma esfera na canaleta, esfera em repouso e em qualquer posição e lançar a esfera de lançamento, conforme a figura 9;

Figura 9 - Quantidade de Movimento



Fonte: autoria própria

3) Cada professor pode explorar o máximo possível, com questões da seguinte forma:

- Esferas iguais ao se colidirem, o que acontece com as suas velocidades?
- Se colocarmos uma esfera em repouso, menor que a esfera de lançamento, o que ocorrerá com sua velocidade ao ocorrer a colisão?
- E se colocarmos uma esfera em repouso, maior que a esfera de lançamento, o que ocorrerá com sua velocidade ao ocorrer a colisão?
- Todas essas respostas podem ser anotadas no quadro 7, abaixo:

Quadro 7 - anotações para a quantidade de movimento

Esferas	Massa (kg)	Velocidade antes da colisão	Velocidade após a colisão
Esfera de Lançamento	Maior ou menor	Em movimento	Zero; maior ou menor.
Esfera de Repouso	Maior ou menor	Em repouso	Zero; maior ou menor.

Fonte: autoria própria.