

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA



**O PLANO INCLINADO COMO FERRAMENTA INVESTIGATIVA: UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DA
CINEMÁTICA E DINÂMICA NO ENSINO MÉDIO**

ANTONIO AUGUSTO CROCAMO ROCHA

GOIÂNIA
2025

ANTONIO AUGUSTO CROCAMO ROCHA

**O PLANO INCLINADO COMO FERRAMENTA INVESTIGATIVA: UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DA
CINEMÁTICA E DINÂMICA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como
requisito parcial para obtenção do título de
licenciatura em física.

Orientador: Me. Clebes André da Silva.

GOIÂNIA
2025

ANTONIO AUGUSTO CROCAMO ROCHA

**O PLANO INCLINADO COMO FERRAMENTA INVESTIGATIVA: UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DA
CINEMÁTICA E DINÂMICA NO ENSINO MÉDIO**

Este trabalho de Conclusão de Curso julgado adequado para obtenção do título de Licenciatura Plena em Física, e aprovado em sua forma final pela Escola de Formação de Professores e Humanidades, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, em ____/____/____.

Prof. Me. Clebes André da Silva
Coordenador de Trabalho de Conclusão de Curso

Banca Examinadora:

Orientador: Me. Clebes André da Silva

Prof. Me. Gean Henrique Godoi
Secretaria Estadual de Educação de Goiás

Prof. Dr. Anderson Costa da Silva
Pontifícia Universidade Católica de Goiás



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E
HUMANIDADES
CURSO DE LICENCIATURA em FÍSICA

Ata de Defesa Pública do Trabalho de Conclusão de Curso

Ao nono primeiro dia do mês de dezembro de 2025, às 19:00 horas, em sessão pública na sala Multiuso 02 do Bloco A da Área 6 da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, na presença da Banca Examinadora presidida pelo Professor Me Clebes André da Silva, e composta pelos examinadores:

1. Membro externo: Me. Gean Henrique Godoi
2. Membro interno: Dr. Anderson da Costa Silva

O estudante ANTONIO AUGUSTO CROCAMO ROCHA apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso II intitulado:

O PLANO INCLINADO COMO FERRAMENTA INVESTIGATIVA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DA CINEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO

como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Licenciatura em Física. Após reunião em sessão reservada, a Banca Examinadora deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente ao estudante e demais presentes.

Na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que segue assinada por mim, pelos demais examinadores e pelo estudante. Fica formalmente definido que a nota final será registrada somente após a correção e entrega da versão final do trabalho, dentro das normas exigidas pelo Curso e pela PUC Goiás.

Documento assinado digitalmente



CLEBES ANDRÉ DA SILVA
Data: 10/12/2025 07:49:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Presidente da Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Me Clebes André da Silva

Documento assinado digitalmente



GEAN HENRIQUE GODOI
Data: 09/12/2025 23:36:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro externo

Profa. Me. Gean Henrique Godoi

Documento assinado digitalmente



ANDERSON COSTA DA SILVA
Data: 10/12/2025 14:17:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro interno

Prof. Dr. Anderson da Costa Silva

Documento assinado digitalmente



ANTONIO AUGUSTO CROCAMO ROCHA
Data: 10/12/2025 14:53:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

ANTONIO AUGUSTO CROCAMO ROCHA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Bianca Thais, e ao meu pai, Ruy Augustos, pelo apoio e dedicação incansável, superando todos os obstáculos para investir na minha educação e formação, e pelo incentivo constante para que eu levasse os estudos a sério. Dedico também ao meu falecido professor do Ensino Médio Clinton Marciel, que me inspirou a seguir o caminho da docência no ensino da Física.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e pela saúde. Agradeço também à minha família, pelo incentivo e pela confiança depositada em mim ao longo do meu processo de formação.

Agradeço à minha namorada Bruna Castanheira pela parceria e dedicação. Esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis e a sua companhia, apoio, motivação e carinho foi fundamental para a construção de cada passo deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas de turma Marcos Paulo e Emerson Mendes pelo acolhimento e união ao longo desta jornada que contribuiu bastante para enfrentar as dificuldades do curso.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Me. Clebes André da Silva, sua orientação e ensino foi fundamental não apenas na construção deste trabalho, foi fundamental para o meu crescimento e meu processo de formação.

Agradeço ao professor e coordenador do curso Dr. Anderson da Costa Silva, que me acolheu no curso de Física e me incentivou ao estudo aprofundado e rigoroso na área de Física e Matemática.

Agradeço à Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) e à Escola de Formação de Professores e Humanidades (EFPH), por abrirem as portas e iniciar o meu processo de formação em licenciatura em Física em uma instituição de prestígio.

Agradeço Ao Colégio Estadual José Lobo, pela acolhida durante dois anos de estágio e pela abertura para a realização da intervenção pedagógica deste Trabalho de Conclusão de Curso, principalmente aos estudantes do 1º ano A e B, que me receberam com entusiasmo e participaram ativamente das atividades propostas.

Por fim, agradeço ao PIBID, pelo apoio por meio da bolsa, e pelos ensinamentos fundamentais no meu processo de formação através do contato profundo com a realidade da docência.

RESUMO

O ensino de Física na educação básica enfrenta o desafio de superar a aprendizagem mecânica e desconexa da realidade. Este trabalho investigou as contribuições do uso de um plano inclinado de baixo custo para o ensino de Cinemática, sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e do método experimental de Galileu Galilei. A pesquisa adotou uma abordagem mista (quali-quantitativa) do tipo Estudo de Caso, realizada com alunos do Ensino Médio. A intervenção didática seguiu uma sequência estruturada em: levantamento de conhecimentos prévios, contextualização histórico-teórica, experimentação investigativa e sistematização. Os dados foram coletados por meio de questionários (pré e pós-teste), diário de campo e análise das atividades experimentais. Os resultados indicaram que a experimentação, quando articulada à história da ciência, atua como um organizador prévio eficaz, facilitando a transição de concepções aristotélicas intuitivas para a compreensão newtoniana do movimento. Conclui-se que o plano inclinado, mais do que uma ferramenta de demonstração, serviu como um instrumento cognitivo capaz de promover a diferenciação progressiva dos conceitos de velocidade e aceleração, favorecendo a aprendizagem significativa.

Palavras Chaves: Plano inclinado; Ensino de Física; Aprendizagem significativa; Cinemática; Experimentação investigativa.

ABSTRACT

The teaching of Physics in basic education faces the challenge of overcoming rote learning disconnected from reality. This work investigates the contributions of using a low-cost inclined plane for teaching Kinematics, from the perspective of David Ausubel's Theory of Meaningful Learning and Galileo Galilei's experimental method. The research adopted a mixed-methods (qualitative-quantitative) case study approach, conducted with high school students. The didactic intervention followed a structured sequence: assessment of prior knowledge, historical-theoretical contextualization, investigative experimentation, and systematization. Data were collected through questionnaires (pre- and post-test), field notes, and analysis of experimental activities. The results indicated that experimentation, when articulated with the history of science, acts as an effective advance organizer, facilitating the transition from intuitive Aristotelian conceptions to a Newtonian understanding of motion. It can be concluded that the inclined plane, more than a demonstration tool, served as a cognitive instrument capable of promoting the progressive differentiation of the concepts of speed and acceleration, favoring meaningful learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Galileu e o experimento do plano inclinado	16
Figura 2: Galileu e a descoberta da relação entre tempo e distância	17
Figura 3: Plano Inclinado	18
Figura 4: Montagem do experimento.....	28
Figura 5: Aula teórica.....	33
Figura 6: Aula experimental.....	34
Figura 7: Aula experimental.....	34
Figura 8: Aula experimental.....	34
Figura 9: Impressões gerais da turma	35
Figura 10: Roteiro experimental do grupo 1	37
Figura 11: Roteiro experimental do grupo 2	38
Figura 12: Resultado experimental do grupo 3.....	39
Figura 13: Resultado experimental do grupo 4.....	40
Figura 14: Resultado experimental do grupo 5.....	41
Figura 15: Resultado experimental do grupo 6.....	42
Figura 16: Resultado experimental do grupo 7.....	43
Figura 17: Resultado experimental do grupo 8.....	44
Figura 18: Resultado pré teste.....	45
Figura 19: Resultado pós teste	46

LISTA DE ABREVIACÕES

MUV – Movimento Uniformemente Variado

MRUV – Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

SD – Sequência Didática

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS	14
3. REFERÊNCIAL TEÓRICO	15
4. METODOLOGIA.....	24
5. A PROPOSTA DIDÁTICA – O PLANO INCLINADO EM AÇÃO.....	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
8. REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE A	51
APÊNDICE B	53
APÊNDICE C	55

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Cinemática no Ensino Médio frequentemente se depara com a desconexão entre o formalismo matemático e a experiência concreta dos estudantes. Quando reduzido à aplicação de fórmulas, o conteúdo se torna abstrato e desprovido de significado, resultando em dificuldades de aprendizagem e desinteresse (Moreira, 2011). Diante desse cenário, as atividades prático-experimentais de baixo custo surgem como uma alternativa pedagógica de alto potencial para promover uma aprendizagem mais significativa.

Neste contexto, o plano inclinado se destaca como uma ferramenta didática poderosa. Historicamente fundamental para os estudos de Galileu (Peduzzi, 2015), ele permite explorar conceitos-chave da Cinemática, como a aceleração constante, de forma visual e tangível. Partindo dessa premissa, o presente trabalho busca responder de que forma uma sequência didática investigativa, baseada em um plano inclinado com materiais de fácil acesso, pode contribuir para a aprendizagem significativa dos conceitos de Cinemática por estudantes de uma escola pública.

A Física, enquanto ciência, busca descrever os fenômenos que regem o universo. No âmbito da educação básica, a Cinemática representa um dos primeiros contatos formais dos estudantes com a modelagem matemática do mundo natural. Contudo, a abordagem pedagógica predominante em muitas salas de aula ainda se concentra na transmissão vertical de conceitos e na memorização de fórmulas, uma prática que frequentemente resulta em uma aprendizagem mecânica e desprovida de significado para os alunos (Moreira, 2011). Essa dissociação entre a teoria formal e a realidade observável é um dos principais fatores que contribuem para as dificuldades de compreensão e o baixo engajamento discente na disciplina.

Diante desse cenário, a inserção de atividades prático-experimentais no ensino de Física surge como uma estratégia pedagógica de alto potencial. Conforme defende Borges (2002), o laboratório didático deve assumir uma função mais significativa, superando a visão de um mero espaço para comprovação de teorias. A experimentação investigativa tem o poder de transformar conceitos abstratos em fenômenos concretos e observáveis, promovendo uma ponte entre o formalismo matemático e o mundo físico e, assim, facilitando uma aprendizagem significativa dos conteúdos.

No contexto educacional brasileiro, marcado por significativas disparidades socioeconômicas e de recursos, a implementação de laboratórios robustos é um desafio para muitas instituições de ensino, especialmente na rede pública. Tal realidade, como apontam

Araujo e Abib (2003), evidencia a necessidade de desenvolver e aplicar propostas experimentais de baixo custo e com materiais alternativos. A utilização de materiais acessíveis não apenas viabiliza a prática experimental, mas também empodera professores e alunos a enxergarem a ciência como uma atividade investigativa possível em qualquer cenário, e não apenas em laboratórios sofisticados.

Neste trabalho, o plano inclinado foi selecionado como ferramenta didática central. A escolha não foi aleatória. Historicamente, este instrumento foi fundamental para os estudos de Galileu Galilei sobre a queda dos corpos, permitindo diluir a aceleração da gravidade e realizar medições precisas com a tecnologia da época (Peduzzi, 2015). Do ponto de vista pedagógico, o plano inclinado é um experimento clássico e versátil que permite a investigação direta de conceitos fundamentais da Cinemática, como posição, tempo, velocidade e, principalmente, a natureza da aceleração constante (Equação 1). Além disso, ele serve como uma excelente introdução à Dinâmica, pois a análise das forças que atuam sobre o objeto (força peso, normal e de atrito) exige a aplicação direta das Leis de Newton e o uso da decomposição de vetores, conectando diferentes áreas da Mecânica de forma coesa e prática.

$$\vec{a} = \vec{g} \cdot \sin(\theta) \quad (1)$$

Dessa forma, este trabalho se estrutura na aplicação e análise de uma sequência didática de três aulas, organizada em torno de uma atividade investigativa com o plano inclinado. Por meio da coleta e análise de dados experimentais, da observação do engajamento discente e da aplicação de questionários pré e pós-teste, buscamos não apenas verificar a eficácia de uma ferramenta acessível, mas também compreender como a vivência prática pode ressignificar o aprendizado da Cinemática, transformando conceitos abstratos em uma experiência tangível e significativa para os estudantes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar as contribuições de uma sequência didática investigativa, utilizando um plano inclinado com material de fácil acesso, para a compreensão dos conceitos de cinemática por estudantes do Ensino Médio.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar as principais dificuldades dos alunos no estudo da cinemática com abordagem tradicional;
- Desenvolver e aplicar uma sequência didática investigativa com plano inclinado de materiais acessíveis;
- Avaliar a evolução conceitual dos estudantes sobre movimento uniformemente variado;
- Analisar o engajamento dos alunos durante atividades experimentais investigativas
- Discutir a viabilidade de experimentos acessíveis em escolas com recursos limitados.

3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

A inquietação que move este trabalho nasce de uma pergunta fundamental: como fazer nossos alunos sentirem a Física, em vez de apenas decorá-la? Acreditamos que a resposta está em resgatar a essência da ciência: a experimentação. É por isso que elegemos o plano inclinado como nosso principal aliado nesta missão.

Para justificar essa escolha, construímos neste capítulo um referencial teórico alicerçado em três pilares interligados. O primeiro mergulha na história, revisitando a ruptura de Galileu com a física aristotélica, momento em que a experimentação e a observação meticulosa se sobrepuseram ao puro raciocínio especulativo. O segundo pilar é o da Física propriamente dita, onde exploramos como o plano inclinado serve como uma ferramenta privilegiada para dissecar as Leis de Newton, conectando de forma prática e elegante a Cinemática à Dinâmica.

Por fim, e talvez o mais crucial, ergue-se o pilar pedagógico. Aqui, dialogamos com teóricos que nos mostram que a aprendizagem verdadeira ocorre quando há a construção de sentido. Defendemos que a investigação científica, mesmo quando realizada com materiais simples e acessíveis, é o motor capaz de despertar a curiosidade e consolidar o protagonismo dos estudantes. Este capítulo, portanto, vai além de uma mera revisão de literatura; ele é o mapa de nossas convicções e o alicerce sobre o qual toda a proposta didática deste trabalho foi cuidadosamente construída.

3.1. A ruptura com a física Aristotélica

Até o século XVI, a compreensão do movimento era dominada pela física aristotélica, que pregava ser natural aos corpos mais pesados caírem mais rapidamente que os leves e que todo movimento requeria uma causa permanente para se sustentar. Essa visão, enraizada na tradição escolástica e na carência de métodos experimentais sistemáticos (Tavares, 2019), permaneceu hegemônica por séculos, moldando o pensamento científico da época.

Contudo, as ideias de Aristóteles mostravam sérias fragilidades ao tentar explicar fenômenos cotidianos, uma vez que ignoravam fatores cruciais como o atrito e a resistência do ar (Hewitt, 2015). Foi nesse cenário que o método experimental, posteriormente sistematizado por Galileu, emergiu como uma ruptura radical. Essa nova abordagem não apenas contestou a concepção aristotélica, mas também inaugurou um modo inédito de investigar e compreender a natureza (Zylberstajn, 1988).

Galileu Galilei foi um dos primeiros a questionar de forma prática as ideias de Aristóteles, utilizando observações e experimentos para entender o movimento. Como destaca Zylbersztajn (1988), ele rompeu com a tradição filosófica que buscava explicar a natureza apenas por meio de especulações, defendendo que o conhecimento científico deveria se apoiar em resultados observáveis. Assim, Galileu deu início a uma nova forma de investigar a realidade, em que os fenômenos eram analisados com base em medições e descritos matematicamente. Essa mudança foi decisiva para enfraquecer as explicações aristotélicas e preparar o caminho para as leis do movimento que, mais tarde, seriam formuladas por Isaac Newton (Souza, 2016).

Para demonstrar as limitações da Física aristotélica, Galileu realizou experimentos simples. Inicialmente, deixou objetos caírem de diferentes alturas e observou que a ideia de que corpos mais pesados caem mais rápido não se confirmava. Posteriormente, utilizou o plano inclinado para reduzir a velocidade da queda e conseguir medições mais precisas, conforme mostrado na Figura 1. Esses experimentos mostraram que a distância percorrida era proporcional ao quadrado do tempo e que a velocidade aumentava de forma constante ao longo do movimento (Souza, 2016). Essas descobertas foram fundamentais para consolidar a crítica ao pensamento aristotélico e abrir espaço para a física moderna.

Figura 1: Galileu e o experimento do plano inclinado



Fonte: Elaborado pelo autor

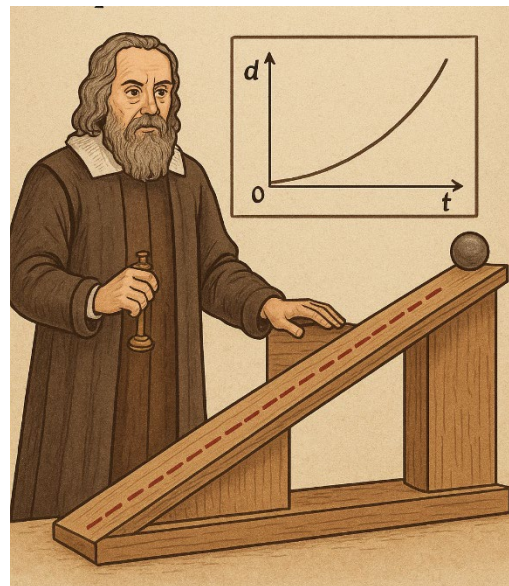
3.2. Galileu e o estudo do movimento

Os experimentos de Galileu com o plano inclinado foram decisivos para o desenvolvimento da cinemática, área da Física que descreve os movimentos. Ao fazer uma esfera rolar por uma rampa, ele conseguiu medir de forma mais controlada como a velocidade variava com o tempo. Assim, demonstrou que o movimento acelerado possuía regularidades

que podiam ser descritas matematicamente, algo inédito para a época (Peduzzi, 2015). Dessa forma, Galileu transformou uma situação cotidiana em um modelo científico, revelando que o estudo do movimento poderia ser investigado com base em observação, experimentação e cálculo.

Com base em suas observações, Galileu percebeu que havia uma relação entre o tempo de descida e a distância percorrida no plano inclinado, conforme mostrado na figura 2. Ele mostrou que a distância aumentava proporcionalmente ao quadrado do tempo, enquanto a velocidade crescia de forma constante em cada intervalo igual de tempo (Souza, 2016). Essa constatação foi um marco, pois indicava que o movimento acelerado obedecia a leis regulares e previsíveis, podendo ser descrito por equações matemáticas. Ao transformar fenômenos físicos em relações numéricas, Galileu deu um passo essencial para a formulação da Física moderna, estabelecendo a base para os estudos posteriores de Newton (Tavares, 2019).

Figura 2: Galileu e a descoberta da relação entre tempo e distância



Fonte: Elaborado pelo autor

Além de suas descobertas sobre a aceleração, Galileu também introduziu uma ideia inovadora para a época: o princípio da inércia. Ele afirmou que um corpo em movimento tende a continuar se movendo em linha reta e com velocidade constante, a menos que alguma força externa atue sobre ele (Hewitt, 2015). Essa concepção contrariava diretamente a visão aristotélica de que todo movimento exigia uma causa contínua. A noção de inércia foi essencial para mudar a forma de compreender o movimento e serviu como base para a formulação da

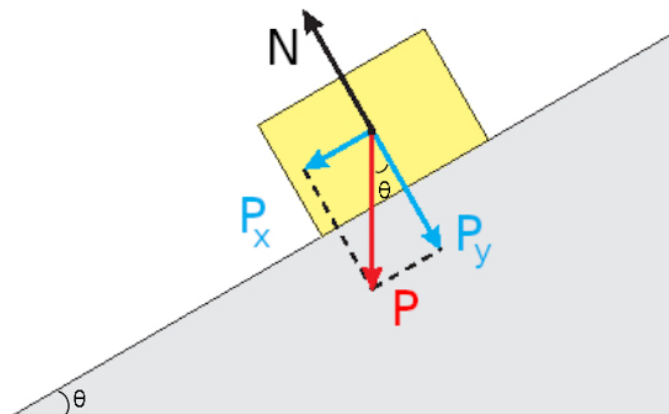
Primeira Lei de Newton. Assim, os estudos de Galileu não apenas inauguraram a cinemática, mas também prepararam o terreno para a dinâmica que seria consolidada no século seguinte.

3.3. Da cinemática à dinâmica: as leis de newton aplicadas ao plano inclinado

As contribuições de Galileu para o estudo do movimento foram fundamentais, mas foi Isaac Newton quem sistematizou essas descobertas em um conjunto de leis gerais, capazes de explicar tanto os movimentos cotidianos quanto os fenômenos celestes. Conhecidas como Leis de Newton, elas descrevem como as forças atuam sobre os corpos e de que maneira influenciam suas trajetórias (Tavares, 2019). Essa formulação representou um grande avanço, pois unificou a descrição do movimento (cinemática) com a explicação de suas causas (dinâmica). Dessa forma, o que Galileu havia iniciado com suas experiências no plano inclinado ganhou uma interpretação mais completa, estabelecendo a base para a Física clássica.

No caso do plano inclinado, a aplicação das Leis de Newton permite compreender de forma mais detalhada porque o corpo acelera ao descer a rampa. A força peso, que age verticalmente para baixo, pode ser decomposta em duas componentes: uma perpendicular à superfície, equilibrada pela força normal, e outra paralela ao plano, responsável por colocar o objeto em movimento (Hewitt, 2015), conforme apresentado na Figura 3. Essa componente paralela é diretamente proporcional ao seno do ângulo de inclinação e explica por que a aceleração depende da inclinação da rampa. Pela Segunda Lei de Newton, essa força resultante gera a aceleração do corpo, tornando o plano inclinado um exemplo simples e eficaz para demonstrar como as forças determinam o movimento.

Figura 3: Plano Inclinado



Fonte: Brasil Escola, UOL, 2025

O estudo do plano inclinado também permite observar a aplicação das outras leis de Newton. A Primeira Lei, conhecida como lei da inércia, mostra que, na ausência de atrito, o corpo deslizaria indefinidamente pela rampa ou permaneceria em repouso se nenhuma força resultante atuasse sobre ele. Já a Terceira Lei, ou lei da ação e reação, aparece na interação entre o corpo e a superfície: enquanto o objeto exerce uma força sobre o plano, o plano exerce sobre ele uma força de mesma intensidade e direção, mas em sentido oposto (Tavares, 2019). De acordo com o diagrama do corpo livre, temos que:

$$P_x = \vec{P} \cdot \sin \theta$$

$$\vec{F}_r = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F}_r = P_x$$

$$m \cdot \vec{a} = \vec{P} \cdot \sin \theta$$

$$m \vec{a} = m \cdot \vec{g} \cdot \sin \theta$$

$$\vec{a} = \vec{g} \cdot \sin \theta \quad (1)$$

Assim, Isaac Newton demonstrou a equação (1), revelando o plano inclinado não apenas como um recurso didático para estudar a cinemática, mas também como uma situação concreta em que as três leis de Newton podem ser analisadas de forma integrada e acessível.

3.4. A fundamentação pedagógica: a experimentação como caminho para a aprendizagem significativa

Apesar da riqueza histórica e conceitual do plano inclinado, seu potencial no ensino só se concretiza com uma abordagem pedagógica adequada. O desafio, portanto, é transpor esse conhecimento para a sala de aula evitando a mera memorização de fórmulas. A resposta não está em simplesmente entregar o conteúdo, mas em criar um ambiente onde o estudante possa reconstruir o caminho da descoberta. Esta seção mergulha no coração pedagógico deste trabalho, defendendo que a verdadeira aprendizagem, aquela que transforma a maneira como vemos o mundo, só acontece quando é significativa. Para construir esse argumento, vamos explorar as ideias de David Ausubel e como a experimentação investigativa, mais do que uma técnica, é a estratégia ideal para dar vida e sentido aos conceitos da Física.

3.4.1. O objetivo da aprendizagem: a teoria de David Ausubel

A Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel, oferece um marco fundamental para compreender como se dá a construção do conhecimento. Segundo esta perspectiva, o aprendizado ocorre de forma efetiva quando novas informações interagem de modo substantivo com os conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Silva; Schirlo, 2014). A aprendizagem deixa de ser mecânica e torna-se verdadeiramente significativa quando o novo conteúdo é ancorado de maneira não arbitrária e não literal ao que o estudante já conhece, reorganizando e ampliando seus esquemas de compreensão.

Para que esse processo ocorra, são necessários elementos cognitivos chamados de subsunçores ideias ou conceitos prévios que funcionam como pontos de ancoragem para a internalização de novos saberes (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, *apud* Silva; Schirlo, 2014). São esses subsunçores que permitem que o conhecimento seja assimilado de forma lógica e integrada, superando a mera memorização.

Dessa forma, a teoria de Ausubel não apenas joga luz sobre os processos cognitivos da aprendizagem, mas também ressalta o papel ativo do aluno na construção do seu conhecimento. Paralelamente, reforça a imprescindível tarefa do professor em diagnosticar, valorizar e mobilizar os conhecimentos prévios dos estudantes antes de introduzir novos conteúdos, atuando como um mediador essencial nesse processo (Silva; Schirlo, 2014).

Para que a aprendizagem significativa de fato se concretize, Ausubel postula três condições fundamentais. A primeira exige que o material de ensino seja potencialmente significativo, possuindo uma lógica interna clara e relevância conceitual que permita sua conexão com ideias preexistentes. A segunda condição reside no aprendiz, que deve contar com subsunçores adequados em sua estrutura cognitiva conceitos prévios que sirvam de âncora sólida para a assimilação das novas informações.

Complementarmente, é imprescindível que o estudante manifeste uma disposição afetiva para aprender, demonstrando interesse genuíno e uma atitude receptiva para vincular o novo conhecimento ao que já domina. Em conjunto, essas três condições revelam que a aprendizagem significativa é um fenômeno multifacetado, resultante da interação entre a qualidade do material instrucional, a mediação pedagógica e, crucialmente, a postura ativa do

aprendiz no processo de construção do saber (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, *apud* Silva; Schirlo, 2014).

3.4.2. A estratégia pedagógica: A experimentação investigativa

No ensino de Física, a mera transmissão de fórmulas e definições frequentemente resulta em uma aprendizagem mecânica e desprovida de significado para os estudantes. Contrapondo-se a essa abordagem, Moreira (2011) defende que o processo de aprendizagem se torna substancialmente mais efetivo quando o aluno consegue relacionar novos conceitos com seus conhecimentos prévios, atribuindo sentido pessoal ao que aprende.

É neste contexto que a experimentação investigativa se revela uma estratégia pedagógica fundamental. Diferentemente de uma comprovação passiva de teorias, essa abordagem transforma o estudante no protagonista de sua própria aprendizagem, convidando-o a explorar, questionar e construir explicações a partir da observação direta de fenômenos concretos. Dessa forma, os experimentos tornam-se oportunidades privilegiadas para desenvolver o raciocínio crítico e uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos (Borges, 2002).

Um dos grandes desafios no ensino de Física, especialmente em escolas públicas, é a falta de infraestrutura adequada para atividades de laboratório. Diante dessa realidade, diversos autores defendem a utilização de experimentos simples e de baixo custo como alternativa viável para tornar o aprendizado mais concreto e acessível (Araujo; Abib, 2003).

...Nessa perspectiva, a experimentação investigativa se mostra como a estratégia ideal para promover a aprendizagem significativa definida por Ausubel. O laboratório não é só para "provar" a teoria, mas para criar um ambiente onde o aluno possa construir relações, testar hipóteses e dar significado aos conceitos (Borges, 2002).

3.4.3. A Aplicação prática: A relevância de ferramentas acessíveis

O plano inclinado se destaca nesse cenário por ser um recurso didático de fácil construção, que pode ser montado com materiais comuns e ainda assim proporcionar investigações ricas sobre conceitos como velocidade, aceleração e forças. Dessa forma, além de aproximar a teoria da prática, o uso do plano inclinado contribui para mostrar aos estudantes que a ciência pode ser feita de maneira criativa e investigativa, mesmo em contextos com poucos recursos.

A utilização do plano inclinado em atividades investigativas produz um duplo benefício: além de consolidar a compreensão conceitual, ele promove um engajamento genuíno por parte dos estudantes. Ao participarem ativamente da coleta de dados, da análise e da discussão de resultados, os alunos transcendem a condição de meros receptores passivos e assumem uma postura autônoma na construção do seu conhecimento.

Essa transformação na dinâmica de aprendizagem gera um interesse mais profundo pela disciplina, criando as condições ideais para que o aprendizado se torne significativo. Os conceitos físicos, antes abstrações distantes, ganham materialidade em situações reais e experimentais (Moreira, 2011). Dessa forma, o plano inclinado, quando explorado de modo investigativo, funciona como uma ponte eficaz entre teoria e prática, fortalecendo simultaneamente a compreensão científica e a motivação dos estudantes para aprender Física.

Dessa maneira, o plano inclinado se consolida como uma ferramenta de dupla relevância. Para a Física, sua importância é histórica e fundacional, tendo sido instrumental para os estudos de Galileu sobre o movimento (Souza, 2016). Para a educação, ele se mantém como um recurso pedagógico atual e poderoso, capaz de tornar os conceitos de cinemática e dinâmica tangíveis para os estudantes.

Sua aplicação em sala de aula, quando guiada por uma abordagem investigativa, é uma alternativa eficaz diante do ensino puramente de memorização. Essa prática promove uma aprendizagem significativa, na qual os alunos constroem o conhecimento de forma ativa (Moreira, 2011). Um de seus maiores trunfos é a acessibilidade: por ser um experimento acessível, com materiais simples e de fácil adaptação, ele se torna uma proposta viável e democrática, especialmente para instituições com recursos limitados (Araujo; Abib, 2003).

Ao integrar de maneira orgânica a teoria e a prática, o plano inclinado opera como um catalisador. Ele simultaneamente fortalece a motivação discente e aguça o raciocínio científico (Tavares, 2019). É por reunir todas essas qualidades que este instrumento assume um papel central na presente proposta, servindo como a base concreta sobre a qual a nossa sequência didática foi elaborada.

Fica evidente, portanto, a profunda interligação entre os pilares que sustentam esta pesquisa. De um lado, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel apresenta o objetivo final: um conhecimento que se ancora de maneira sólida e relevante na estrutura cognitiva do aluno. De outro, a experimentação investigativa, tal como defendida por Borges, Araujo e Abib, constitui o veículo ideal para alcançá-lo, uma vez que é uma estratégia pedagógica que efetivamente tira o estudante da passividade e o coloca como protagonista na construção do seu saber.

A junção desse objetivo com a estratégia certa, materializada por uma ferramenta didática tão acessível e historicamente rica quanto o plano inclinado, resulta em um caminho pedagógico coeso e potente para o ensino da Cinemática. Com estes fundamentos teóricos devidamente estabelecidos, o próximo capítulo dedicar-se-á a apresentar, em detalhes, a proposta didática elaborada a partir destes princípios integrados.

4. METODOLOGIA

Este capítulo descreve o delineamento metodológico adotado para investigar as contribuições de uma sequência didática com o plano inclinado para o ensino de Cinemática. Serão detalhados a abordagem e o tipo de pesquisa, o contexto e os participantes, os instrumentos de coleta de dados e os procedimentos de análise, alinhando cada escolha ao referencial da Aprendizagem Significativa.

4.1. Abordagem da pesquisa

Para responder ao problema de pesquisa, que demanda compreender os processos de aprendizagem e não apenas mensurar resultados, este estudo adota uma abordagem qualitativa como fio condutor principal. Conforme Lüdke e André (2022), essa abordagem é apropriada para estudar fenômenos em seu contexto natural, buscando compreender a complexidade e os significados que os participantes atribuem a suas experiências.

No entanto, para enriquecer a análise e permitir uma comparação objetiva do desempenho discente antes e depois da intervenção, foram incorporados instrumentos de coleta quantitativos. Dessa forma, a pesquisa configura-se como um estudo de abordagem mista (QUALI → QUANTI), na qual os dados numéricos complementam e reforçam a análise qualitativa principal (Lakatos; Marconi, 2017).

Quanto aos objetivos, o trabalho é descritivo e explicativo, pois busca não apenas relatar o fenômeno observado, mas também compreender as razões por trás da evolução conceitual dos alunos. Em relação aos procedimentos técnicos, caracteriza-se como uma pesquisa de campo, por ser realizada no ambiente escolar real, e um estudo de caso, uma vez que investiga profundamente um grupo específico (duas turmas da primeira série do Ensino Médio) submetido à proposta de intervenção (Lüdke; André, 2022).

4.2. Participantes e contexto da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no Colégio Estadual José Lobo, instituição da rede pública de ensino do Estado de Goiás. Os participantes foram um total de 52 alunos da 1ª série do Ensino Médio, com idades entre 15 e 16 anos, selecionados por constituírem uma turma que já havia tido contato prévio com os conceitos básicos de movimento, o que era um subsunçor essencial para a atividade proposta. A escolha por uma amostra não probabilística (por acessibilidade) é inerente ao estudo de caso, que prioriza a profundidade da análise em um contexto delimitado.

4.3. Instrumentos de coleta de dados

Para garantir uma visão multidimensional do fenômeno, foi utilizada a triangulação de dados, empregando os seguintes instrumentos:

- 1- Questionário Pré-teste (Apêndice A): Aplicado antes de qualquer intervenção, teve como objetivo mapear os conhecimentos prévios e as concepções alternativas dos estudantes sobre cinemática. Sua análise buscou identificar os "subsunçores" disponíveis na estrutura cognitiva dos alunos, conforme postula Ausubel.
- 2- Observação participante com registro em diário de campo: Durante toda a sequência didática, o pesquisador atuou como mediador e observador, registrando em um diário de campo as interações, hipóteses levantadas pelos grupos, dificuldades operacionais, discussões e o nível de engajamento. Este instrumento foi crucial para capturar o processo de aprendizagem em tempo real.
- 3- Questionário Pós-teste (Apêndice B): Aplicado após a conclusão da atividade experimental, visou identificar indícios de aprendizagem significativa. As questões foram elaboradas para avaliar se os alunos conseguiam explicar os fenômenos com suas próprias palavras, aplicar conceitos a novas situações e demonstrar uma reestruturação de suas concepções iniciais.
- 4- Procedimento de coleta experimental: Optou-se deliberadamente pela coleta manual de dados (trena e cronômetro), realizada pelos próprios alunos. Esta escolha, para além da viabilidade e baixo custo, assume um papel pedagógico, pois coloca os estudantes em contato direto com as limitações e os desafios da medição, promovendo uma reflexão sobre o erro experimental e resgatando o caráter investigativo do trabalho de Galileu (Soares; Borges, 2010).

4.4. Procedimentos de análise dos dados:

A análise seguiu os preceitos da análise de conteúdo, conforme Bardin (2016), organizada nas seguintes etapas:

- 1- Pré-análise: As respostas abertas dos questionários pré e pós-teste e os registros do diário de campo foram organizados e lentamente lidos para uma impressão geral.
- 2- Exploração do material: O material foi codificado e agrupado em categorias temáticas emergentes, tais como:

- Compreensão do conceito de aceleração.
- Interpretação do movimento no plano inclinado.
- Relação entre força, inclinação e movimento.
- Evidências de engajamento e trabalho colaborativo.

3- Tratamento e Interpretação: Os resultados do pré e pós-teste foram comparados, buscando identificar mudanças nas categorias e indícios de aprendizagem significativa, como a superação de concepções alternativas e a capacidade de estabelecer relações conceituais. Os dados quantitativos (percentuais de acerto) foram utilizados de forma complementar, para triangular e validar as tendências identificadas na análise qualitativa.

Dessa forma, a metodologia aqui delineada foi cuidadosamente planejada não apenas para coletar dados, mas para capturar e interpretar as nuances do processo de aprendizagem desencadeado pela sequência didática investigativa.

5. A PROPOSTA DIDÁTICA – O PLANO INCLINADO EM AÇÃO

Este capítulo detalha a sequência didática (SD) desenvolvida para operacionalizar os princípios teóricos discutidos anteriormente. Reconhecendo a complexidade inerente a um processo genuinamente investigativo, a proposta foi planejada para ser aplicada em três encontros de 50 minutos, assegurando tempo suficiente para a contextualização, a experimentação, a análise aprofundada de dados e a consolidação das aprendizagens. A SD é centrada no aluno, posicionando-o como agente ativo na reconstrução do conhecimento científico.

5.1. Objetivos de aprendizagem

- **Conceituais:**
 - Compreender os conceitos de posição, deslocamento, velocidade e aceleração no contexto do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV).
 - Relacionar a descrição cinemática do movimento com as forças que atuam no corpo, em particular, a componente da força peso paralela ao plano inclinado.
 - Discutir as limitações dos modelos teóricos ao confrontá-los com dados experimentais, com base no movimento de rolamento da esfera.
- **Procedimentais:**
 - Formular hipóteses sobre a natureza do movimento em um plano inclinado.
 - Montar um aparato experimental acessível e realizar medições sistemáticas e repetitivas de distância e tempo.
 - Organizar dados em tabelas, calcular grandezas derivadas (velocidade média, aceleração).
 - Analisar fontes de erro e discrepâncias entre valores teóricos e experimentais.
- **Atitudinais:**
 - Desenvolver uma postura investigativa, valorizando a experimentação e a argumentação baseada em evidências.
 - Trabalhar colaborativamente em grupo, exercitando a cooperação, a divisão de tarefas e o diálogo.

Materiais e montagem do experimento

- **Materiais (por grupo):**
 - 1 trena rígida (mínimo de 1,5 m).
 - 1 suporte para inclinação (ex.: pilha de livros).
 - 1 esfera de baixo atrito (ex.: bola de gude).
 - 1 transferidor.
 - 1 cronômetro (pode ser de smartphone).
 - Calculadora.
 - Folhas de registro de dados (Apêndice C).

- **Montagem:**

A montagem básica consiste em apoiar a trena sobre o suporte, criando uma rampa. O ângulo de inclinação será verificado com o transferidor. Pontos de medição (ex.: 0,50 m, 1,00 m, 1,50 m) serão marcados ao longo da trena.

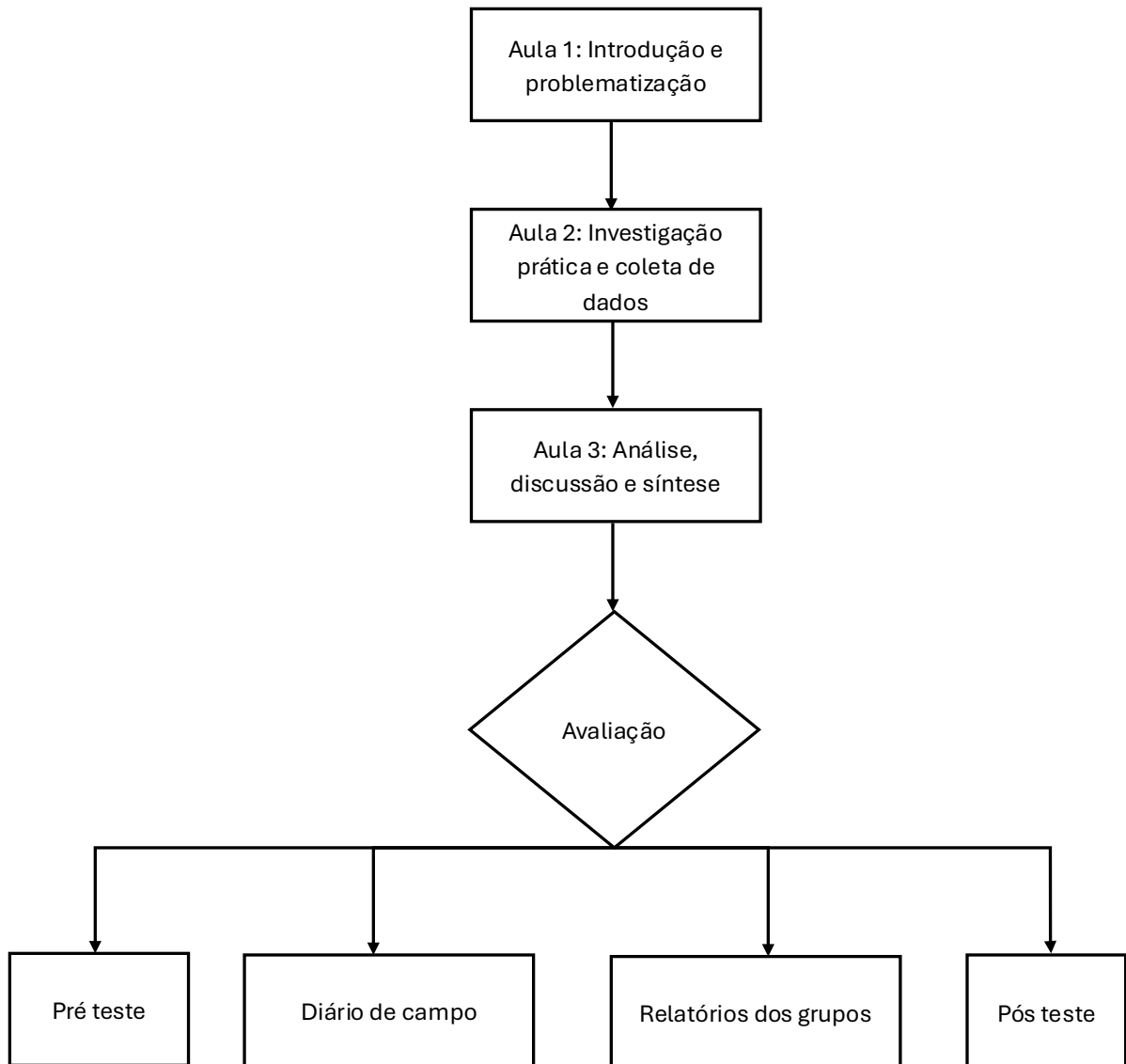
Figura 4: Montagem do experimento



Fonte: Autor

5.2. A sequência didática

A sequência foi planejada para ser aplicada em três encontros, conforme detalhado no fluxograma abaixo, que ilustra a articulação entre teoria e prática:



AULA 1: Introdução histórica e problematização

- Contextualização e problema: Aula expositiva dialogada iniciando com a pergunta: *Como os corpos caem?* Apresenta-se o conflito entre a visão aristotélica e a galileana, destacando o plano inclinado como ferramenta de investigação. O problema é lançado: *Como podemos determinar se o movimento de uma esfera numa rampa é uniforme ou acelerado, e como a inclinação afeta esse movimento?*

- Sistematização conceitual: Introdução aos conceitos de aceleração e MRUV. Apresentam-se as equações horárias do espaço e da velocidade, e a equação da aceleração teórica no plano inclinado para um corpo deslizando $a = g \cdot \sin(\theta)$. A decomposição de vetores é utilizada para explicar a origem física da aceleração.
- Aplicação do pré-teste e planejamento: Aplicação do Questionário 1 (Apêndice A). Ao final, os grupos são formados e instruídos a ler o roteiro experimental para o próximo encontro.

AULA 2: Investigação prática e coleta de dados

- Retomada e hipótese: breve retomada do problema. Cada grupo formula e registra sua hipótese sobre a relação entre tempo, distância e aceleração para diferentes ângulos.
- Experimentação: execução do roteiro experimental (Apêndice C).
 1. Os grupos montam o aparato e ajustam os ângulos (5° , 10° e 15°).
 2. Realizam as medições de tempo para a distância de 1,50 m em cada ângulo (3 repetições cada).
 3. Para um ângulo específico 5° , realizam medições de tempo em posições intermediárias (0,50 m e 1,00 m) para preencher a tabela de velocidade média por trecho.
 4. Todos os dados são registrados nas tabelas do roteiro. O professor circula pela sala, mediando dificuldades operacionais e garantindo a qualidade da coleta.

AULA 3: Análise de dados, discussão e síntese

- Análise e cálculos: os grupos dedicam-se aos cálculos (tempo médio, aceleração experimental, velocidade média por trecho) e preenchem as tabelas de análise.
- Discussão coletiva guiada: O professor conduz uma discussão plenária com base nas seguintes questões:
 - A aceleração se manteve constante para um mesmo ângulo? E entre ângulos diferentes?
 - A aceleração experimental foi igual à teórica $a = g \cdot \sin(\theta)$? Se não, por quê?
 - Quais foram as principais fontes de erro?
- Aplicação do pós-teste: Aplicação do Questionário 2 (Apêndice B) para avaliar a evolução conceitual.

5.4 Avaliação final

A avaliação é processual e formativa, alinhada à teoria da Aprendizagem Significativa, utilizando uma triangulação de instrumentos:

- Questionários pré e pós-teste: Para mapear a evolução conceitual individual.
- Relatórios dos grupos (folhas de registro - Apêndice C): Avaliam a habilidade em coletar, organizar, processar e analisar dados.
- Observação e diário de campo: Registram o engajamento, a postura investigativa e a colaboração dentro dos grupos.
- Discussão coletiva: Permite avaliar a capacidade de argumentação e a reestruturação de ideias.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação da proposta didática desenvolvida no Capítulo 5, realizada com estudantes da Escola Estadual José Lobo. A intervenção pedagógica buscou avaliar se a articulação entre uma aula teórica e uma atividade experimental simples utilizando uma trena inclinada e uma esfera favoreceria a aprendizagem significativa dos conceitos de movimento uniformemente variado (MUV). Para isso, foram aplicados dois questionários: um pré-teste, destinado a identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, e um pós-teste, aplicado após o experimento, com o objetivo de analisar possíveis avanços conceituais.

6.1. Desenvolvimento da Aula Aplicada

A sequência didática foi aplicada em duas turmas, com um total de 52 alunos da 1ª série do Ensino Médio da Escola Estadual José Lobo, no período matutino. A aplicação ocorreu em três encontros, sendo o primeiro a aula teórica junto com a aplicação do questionário pré-teste, o segundo a realização da atividade experimental e o terceiro a aplicação do questionário pós-teste.

6.1.1. Aplicação do Questionário Pré-teste

A aula iniciou-se com a apresentação da pesquisa aos estudantes, explicando seus objetivos, seus procedimentos e a importância da participação voluntária. Em seguida, foi aplicado o questionário pré-teste <https://forms.gle/JJbsp8DeoGz8eFj9A> (Apêndice A), que tinha como finalidade levantar os conhecimentos prévios sobre os conceitos fundamentais do movimento uniformemente variado, tais como aceleração e a interpretação física da variação de velocidade.

Os resultados desse questionário inicial permitiram identificar dificuldades específicas, principalmente no reconhecimento da relação entre aceleração constante e variação regular da velocidade.

6.1.2. Aula Teórica sobre Movimento Uniformemente Variado

Após o pré-teste, foi realizada a aula teórica, conforme Figura 4, cujo foco foi apresentar de forma acessível e contextualizada os conceitos essenciais do movimento uniformemente variado. A explicação abordou:

- A definição de aceleração e sua relação com a variação da velocidade;
- A diferença entre movimento uniforme e uniformemente variado;
- As equações fundamentais da cinemática;
- Um breve resgate histórico das investigações de Galileu, relacionando sua importância para a formulação da ideia de aceleração constante.

Durante a aula, foram apresentados exemplos cotidianos, e situações simples que favorecem a compreensão dos conceitos antes do experimento.

Figura 5: Aula teórica



Fonte: Autor

6.1.3. Aplicação do Experimento com Plano Inclinado

Concluída a parte teórica, iniciou-se a atividade experimental seguindo o roteiro do Apêndice C. A turma foi dividida em 4 grupos, cada um responsável por montar seu próprio plano inclinado utilizando:

- Uma trena;

- Um suporte;
- Uma esfera;
- Cronômetro digital;
- Registros em folha de coleta de dados.

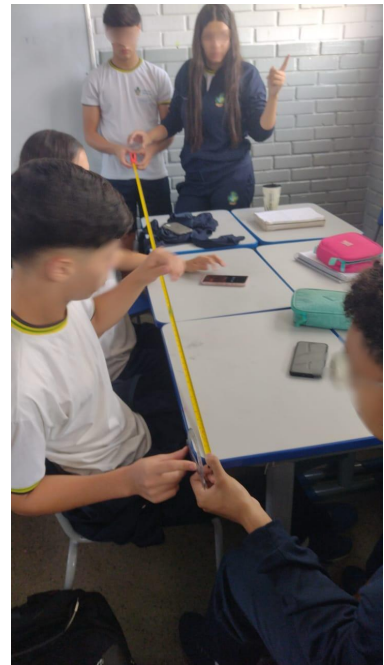
Durante o experimento, os estudantes observaram que a velocidade da esfera aumentava com o tempo evidenciando aceleração e que pequenas mudanças na inclinação alteravam significativamente os tempos medidos, conforme as Figuras 5,6 e 7. A Figura 5 apresenta a aplicação das equações realizada pelos alunos, na Figura 6 e 7 os estudantes utilizaram o transferidor para determinar o ângulo de inclinação da trena para realizar as medidas dos tempos de descida da esfera.

Figura 6: Aula experimental



Fonte: Autor

Figura 7: Aula experimental



Fonte: Autor

Figura 8: Aula experimental



Fonte: Autor

6.1.4. Aplicação do Questionário Pós-teste

Após o experimento, foi aplicado o questionário pós-teste <https://forms.gle/oFwCUM6iqJfwJSwL7> (Apêndice B), contendo questões contextualizadas com a experiência prática realizada pelos alunos.

O objetivo foi verificar se houve avanço conceitual, especialmente na compreensão da variação da velocidade no movimento acelerado, a relação entre inclinação da rampa e aceleração e a relação entre teoria e prática científica.

Durante o preenchimento do pós-teste, foi possível observar maior segurança nos estudantes em relação ao conteúdo estudado.

6.1.5. Impressões gerais da turma

De forma geral, os estudantes avaliaram positivamente a experiência. Muitos afirmaram que nunca haviam realizado um experimento relacionado ao conteúdo de cinemática. Para eles, foi marcante poder comprovar na prática aquilo que até então era visto apenas de forma abstrata e matemática.

Figura 9: Impressões gerais da turma

achei didático, mas muito legal para a aprendizagem
O experimento me ajudou a entender melhor o conteúdo
Legal. Aprender sobre a física é bastante importante e a aula prática ajudou muito. Consegui ver na prática os conceitos do movimento
Gostei demais do experimento, ajudou a entender melhor os conceitos de movimento uniformemente variado.
Ajudou bastante a entender o conteúdo
Muito bom, compreendi melhor o conteúdo
Muito legal calcular a aceleração e ver que o resultado é bate certinho!
conteúdo já ensinado, porém, é bom lembrar para adquirir mais conhecimento, e compreendi bem
Gosto muito das aulas práticas pois ela ajudam a compreender melhor o conteúdo pois tudo se aprende na prática

Fonte: Autor

Os comentários espontâneos dos alunos (Figura 8) demonstraram maior engajamento e percepção de sentido, evidenciando que a atividade prática contribuiu para consolidar o conteúdo.

6.2. Análise dos resultados do pré-teste e pós-teste

A análise dos dados coletados nos questionários pré-teste e pós-teste permitiu observar mudanças significativas na compreensão dos estudantes sobre os conceitos fundamentais do movimento uniformemente variado (MUV). A comparação entre os percentuais de acertos e a coerência das respostas evidencia tendências claras de aprendizagem. Após a aula teórica e atividade experimental, observou-se uma melhora expressiva no pós-teste.

Figura 10: Roteiro experimental do grupo 1

5. Coleta e Análise de Dados

Tabela 1: Determinação da Aceleração Experimental

Calcule o tempo médio (t) e utilize a Equação 1 para encontrar a aceleração $a = \frac{2x}{t^2}$

Ângulo (θ)	Distância (x)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	Tempo Médio (t)	Aceleração Exp. (m/s^2)
5°	1,50 m	1,37	1,33	1,96	1,55	0,62 m/s^2
10°	1,50 m	1,28	1,53	1,54	1,45	1,42 m/s^2
15°	1,50 m	1,20	1,24	1,20	1,21	2,04 m/s^2

Tabela 2: Velocidade Média por Trechos (Ângulo 5°)

Use os tempos intermediários medidos na Parte B. Lembre-se que $V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Trecho (Variação do Espaço)	Δx (m)	Variação do Tempo (Δt)	Velocidade Média (m/s)
0,00 a 0,50 m	0,50	0,85	0,58
0,50 a 1,00 m	0,50	0,58	0,86
1,00 a 1,50 m	0,50	0,15	3,33

Tabela 3: Comparação Teórica

Utilize a Equação 3: $a = g \sin \theta$

Ângulo	Aceleração Experimental (Tabela 1)	Aceleração Teórica ($g \cdot \sin \theta$)
5°	0,62 m/s^2	0,9
10°	1,42 m/s^2	1,7
15°	2,04 m/s^2	2,6

Fonte: Autor

Erro percentual para ângulos de 5°, 10° e 15°, respectivamente: 31,11%, 16,47%, e 21,54%

Figura 11: Roteiro experimental do grupo 2

5. Coleta e Análise de Dados

Tabela 1: Determinação da Aceleração Experimental

Calcule o tempo médio (t) e utilize a Equação 1 para encontrar a aceleração $a = \frac{2x}{t^2}$

Ângulo (θ)	Distância (x)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	Tempo Médio (t)	Aceleração Exp. (m/s^2)
5°	1,50 m	1,41	1,37	1,89	1,56	1,23
10°	1,50 m	1,27	1,48	1,52	1,42	1,49
15°	1,50 m	1,20	1,27	1,24	1,24	1,95

Tabela 2: Velocidade Média por Trechos (Ângulo 5°)

Use os tempos intermediários medidos na Parte B. Lembre-se que $V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Trecho (Variação do Espaço)	Δx (m)	Variação do Tempo (Δt)	Velocidade Média (m/s)
0,00 a 0,50 m	0,50	1,03	0,48
0,50 a 1,00 m	0,50	0,5	1,00
1,00 a 1,50 m	0,50	0,27	1,85

Tabela 3: Comparação Teórica

Utilize a Equação 3: $a = g \sin \theta$

Ângulo	Aceleração Experimental (Tabela 1)	Aceleração Teórica ($g \cdot \sin \theta$)
5°	1,23	0,9
10°	1,49	1,7
15°	1,95	2,6

Fonte: Autor

Erro percentual para ângulos de 5°, 10° e 15°, respectivamente: 33,67%, 36,66%, e 25,00%

Figura 12: Resultado experimental do grupo 3

5. Coleta e Análise de Dados

Tabela 1: Determinação da Aceleração Experimental

Calcule o tempo médio (t) e utilize a Equação 1 para encontrar a aceleração $a = \frac{2x}{t^2}$

Ângulo (θ)	Distância (x)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	Tempo Médio (t)	Aceleração Exp. (m/s^2)
5°	1,50 m	1,77	1,64	1,91	1,77	0,95
10°	1,50 m	2,35	2,38	1,67	2,10	1,47
15°	1,50 m	1,96	1,72	1,59	1,59	1,19

Tabela 2: Velocidade Média por Trechos (Ângulo 5°)

Use os tempos intermediários medidos na Parte B. Lembre-se que $V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Trecho (Variação do Espaço)	Δx (m)	Variação do Tempo (Δt)	Velocidade Média (m/s)
0,00 a 0,50 m	0,50	0,48	1,04
0,50 a 1,00 m	0,50	0,50	1,00
1,00 a 1,50 m	0,50	1,04	1,28

Tabela 3: Comparação Teórica

Utilize a Equação 3: $a = g \sin \theta$

Ângulo	Aceleração Experimental (Tabela 1)	Aceleração Teórica ($g \cdot \sin \theta$)
5°	1,04	0,85
10°	1,47	1,70
15°	1,19	2,59

Fonte: Autor

Erro percentual para ângulos de 5°, 10° e 15°, respectivamente: 22,35%, 13,53%, e 53,15%

Figura 13: Resultado experimental do grupo 4

5. Coleta e Análise de Dados

Tabela 1: Determinação da Aceleração Experimental

Calcule o tempo médio (t) e utilize a Equação 1 para encontrar a aceleração $a = \frac{2x}{t^2}$

Ângulo (θ)	Distância (x)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	Tempo Médio (t)	Aceleração Exp. (m/s^2)
5°	1,50 m	2,37	7,99	20,3	2,77	0,67
10°	1,50 m	1,31	1,96	1,88	1,32	1,72
15°	1,50 m	1,25	1,53	1,71	1,49	1,35

Tabela 2: Velocidade Média por Trechos (Ângulo 5°)

Use os tempos intermediários medidos na Parte B. Lembre-se que $V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Trecho (Variação do Espaço)	Δx (m)	Variação do Tempo (Δt)	Velocidade Média (m/s)
0,00 a 0,50 m	0,50	1,91	$= \frac{0,5}{1,91} = 0,26$
0,50 a 1,00 m	0,50	1,83	$= \frac{0,50}{1,83} = 0,27$
1,00 a 1,50 m	0,50	1,76	$= \frac{0,50}{1,76} = 0,28$

Tabela 3: Comparação Teórica

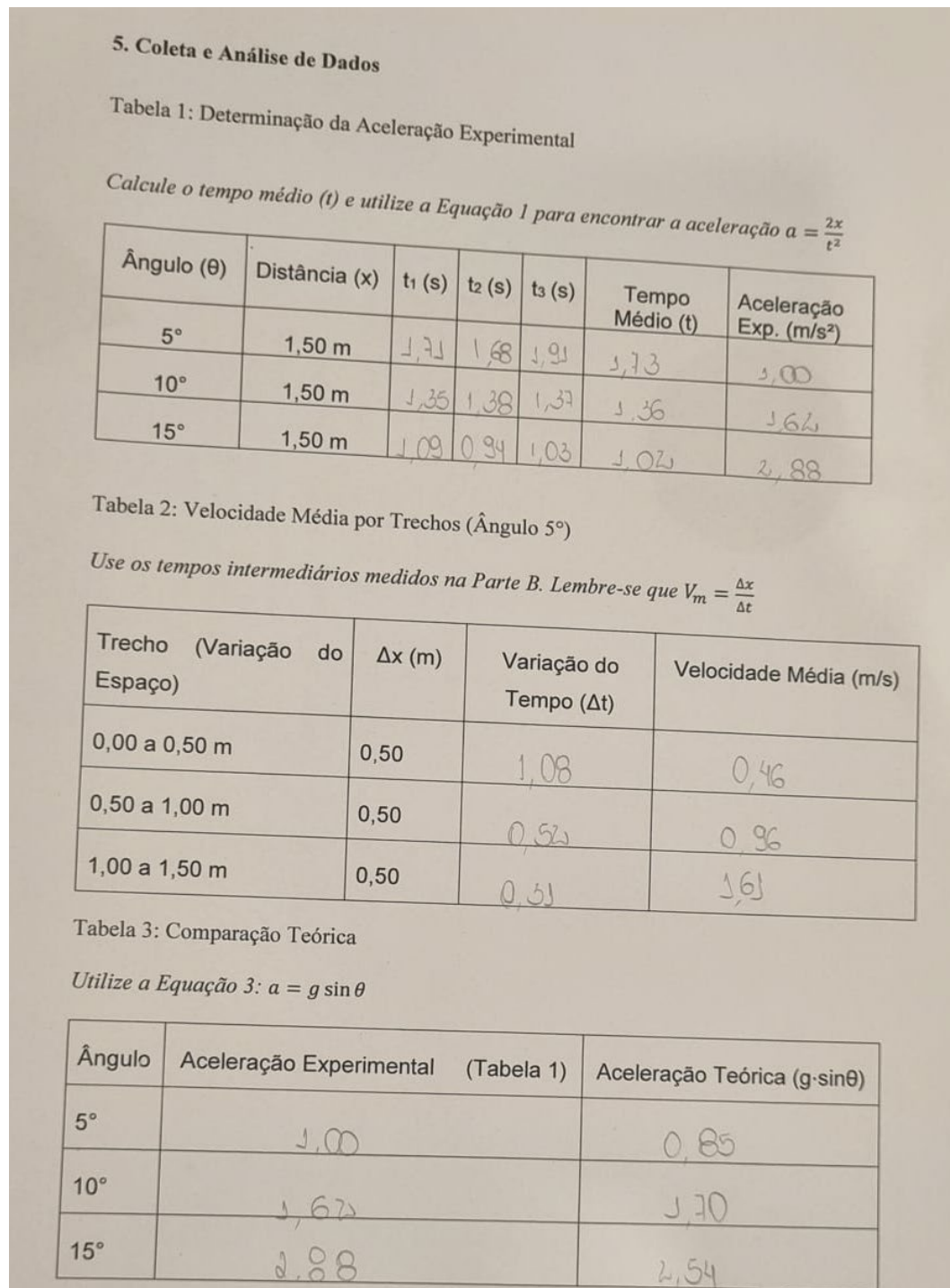
Utilize a Equação 3: $a = g \sin \theta$

Ângulo	Aceleração Experimental (Tabela 1)	Aceleração Teórica ($g \cdot \sin \theta$)
5°	0,67	0,9
10°	1,72	1,7
15°	1,35	2,6

Fonte: Autor

Erro percentual para ângulos de 5°, 10° e 15°, respectivamente: 25,55%, 1,18%, e 48,08%

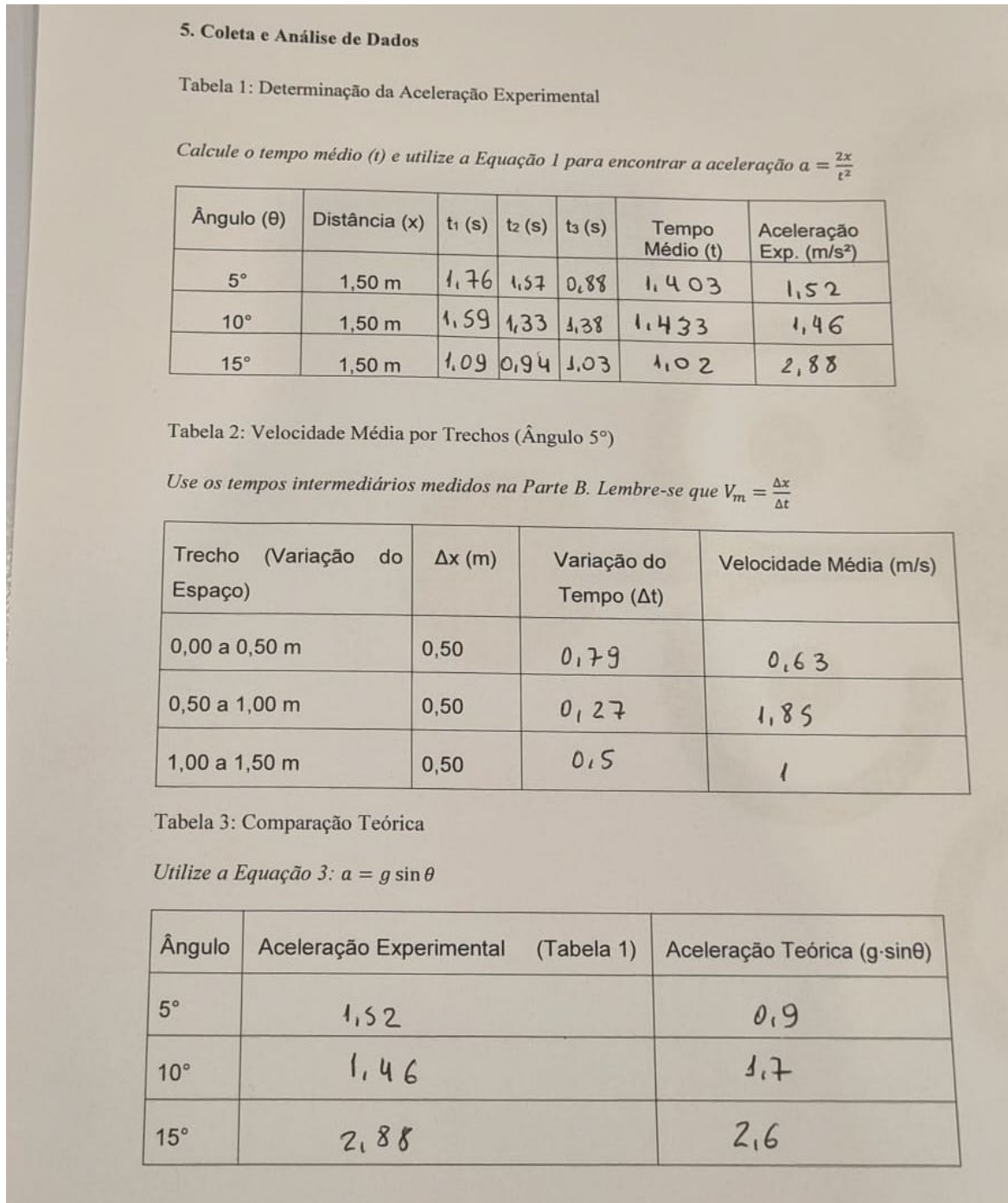
Figura 14: Resultado experimental do grupo 5



Fonte: Autor

Erro percentual para ângulos de 5°, 10° e 15° respectivamente: 17,65%, 4,71% e 13,39%

Figura 15: Resultado experimental do grupo 6



Fonte: Autor

Erro percentual para ângulos de 5°, 10° e 15° respectivamente: 68,89%, 14,12%, 9,72%.

Figura 16: Resultado experimental do grupo 7

5. Coleta e Análise de Dados

Tabela 1: Determinação da Aceleração Experimental

Calcule o tempo médio (t) e utilize a Equação 1 para encontrar a aceleração $a = \frac{2x}{t^2}$

Ângulo (θ)	Distância (x)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	Tempo Médio (t)	Aceleração Exp. (m/s^2)
5°	1,50 m	1,47	1,53	1,69	1,56	1,23
10°	1,50 m	1,28	1,33	1,25	1,28	1,83
15°	1,50 m	1,02	1,06	1,02	1,03	2,83

Tabela 2: Velocidade Média por Trechos (Ângulo 5°)

Use os tempos intermediários medidos na Parte B. Lembre-se que $V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Trecho (Variação do Espaço)	Δx (m)	Variação do Tempo (Δt)	Velocidade Média (m/s)
0,00 a 0,50 m	0,50	0,89	0,56
0,50 a 1,00 m	0,50	0,55	0,90
1,00 a 1,50 m	0,50	0,20	2,50

Tabela 3: Comparação Teórica

Utilize a Equação 3: $a = g \sin \theta$

Ângulo	Aceleração Experimental (Tabela 1)	Aceleração Teórica ($g \cdot \sin \theta$)
5°	1,23	0,9
10°	1,83	1,7
15°	2,83	2,6

Fonte: Autor

Erro percentual para ângulos de 5°, 10° e 15° respectivamente: 36,67%, 7,65%, 8,85%.

Figura 17: Resultado experimental do grupo 8

5. Coleta e Análise de Dados

Tabela 1: Determinação da Aceleração Experimental

Calcule o tempo médio (t) e utilize a Equação 1 para encontrar a aceleração $a = \frac{2x}{t^2}$

Ângulo (θ)	Distância (x)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	Tempo Médio (t)	Aceleração Exp. (m/s^2)
5°	1,50 m	1,37	1,29	1,49	1,35	1,64
10°	1,50 m	1,18	1,34	1,24	1,26	1,89
15°	1,50 m	1,10	1,14	1,08	1,11	2,43

Tabela 2: Velocidade Média por Trechos (Ângulo 5°)

Use os tempos intermediários medidos na Parte B. Lembre-se que $V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Trecho (Variação do Espaço)	Δx (m)	Variação do Tempo (Δt)	Velocidade Média (m/s)
0,00 a 0,50 m	0,50	0,82	0,61
0,50 a 1,00 m	0,50	0,48	0,91
1,00 a 1,50 m	0,50	0,21	2,3

Tabela 3: Comparação Teórica

Utilize a Equação 3: $a = g \sin \theta$

Ângulo	Aceleração Experimental (Tabela 1)	Aceleração Teórica ($g \cdot \sin \theta$)
5°	1,64	0,9
10°	1,89	1,7
15°	2,43	2,6

Fonte: Autor

Erro percentual para ângulos de 5°, 10° e 15° respectivamente: 82,22%, 11,18%, 7,00%.

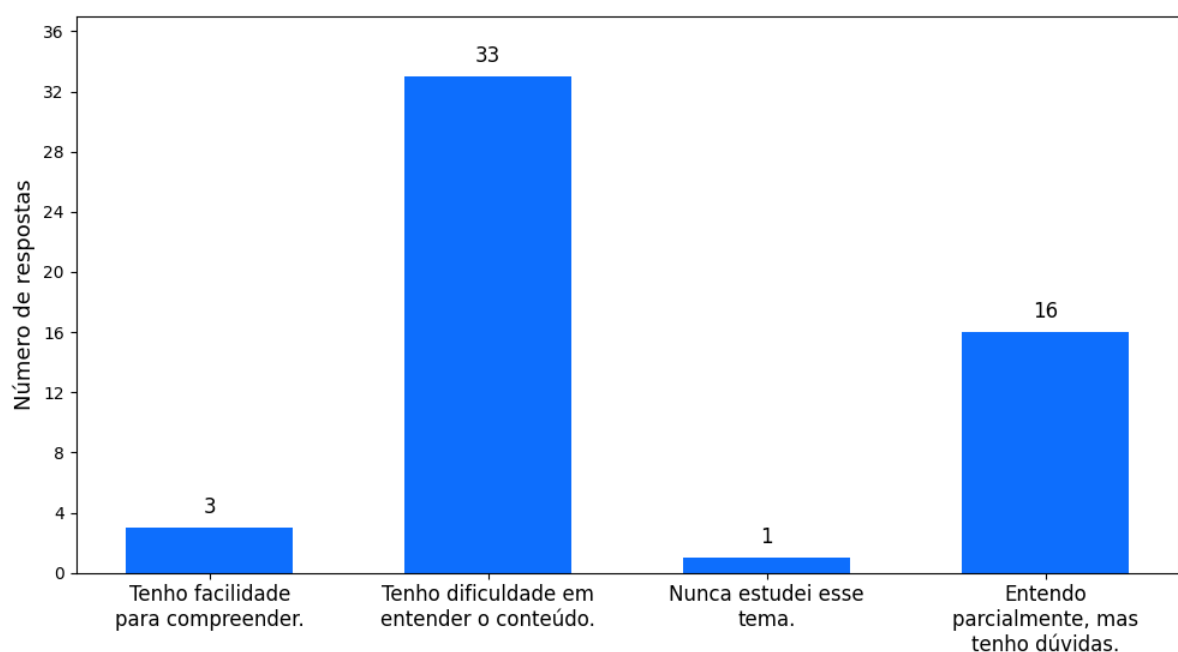
A análise dos erros percentuais revela padrões importantes sobre a qualidade das medições e a compreensão dos conceitos pelos estudantes. Os maiores erros foram consistentemente observados no ângulo de 5° (variando de 17,65% a 82,22%), enquanto nos ângulos de 10° e 15° os erros foram geralmente menores. Esta tendência pode ser explicada por dois fatores principais:

1. No ângulo menor (5°), o movimento é mais lento, aumentando a influência do tempo de reação humano nas medições com cronômetro
2. O atrito entre a esfera e a trena torna-se relativamente mais significativo em inclinações menores

Estes resultados dialogam diretamente com Soares e Borges (2010), que também identificaram desafios similares em medições manuais com plano inclinado. A discussão dessas limitações com os estudantes foi pedagógica, pois permitiu reflexões sobre o método científico e as fontes de erro em experimentação.

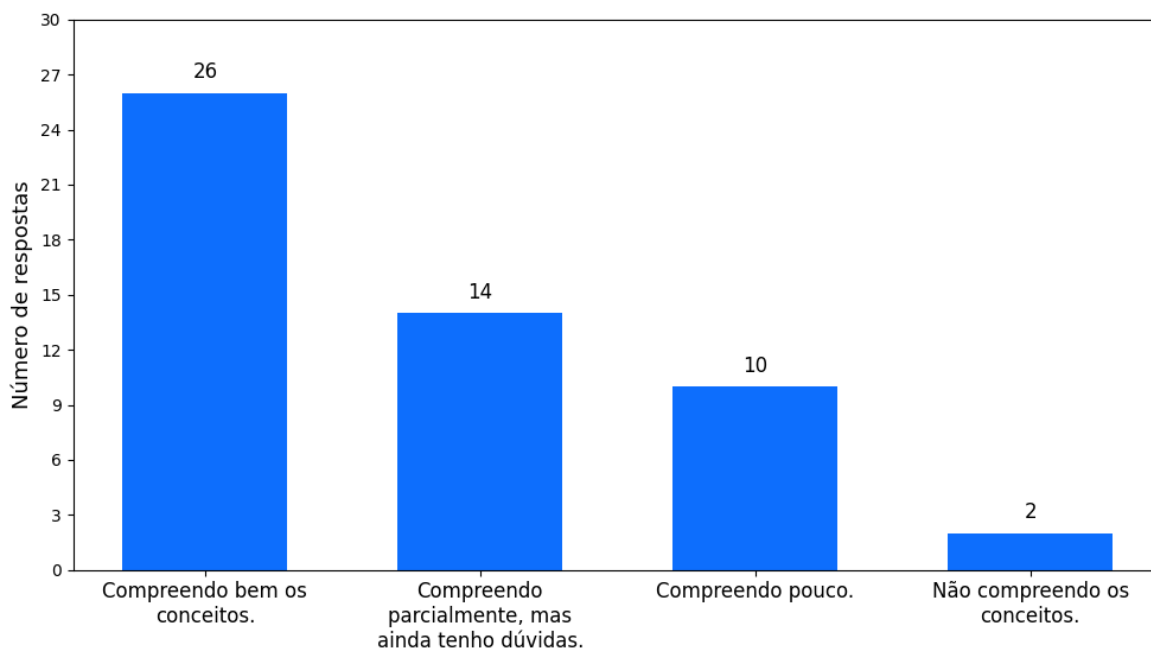
A análise dos padrões de erro revela não apenas limitações experimentais, mas também oportunidades de aprendizagem. O fato de os estudantes identificarem e discutirem as fontes de erro constituiu, em si, uma experiência formativa valiosa, aproximando-os da natureza do trabalho científico real, que frequentemente envolve lidar com incertezas e limitações metodológicas.

Figura 18: Resultado pré-teste



Fonte: Autor

Figura 19: Resultado pós-teste



Fonte: Autor

A comparação entre os resultados do pré-teste (Figura 17) e pós-teste (Figura 18) revela avanços significativos na compreensão conceitual. No pré-teste, observava-se que apenas 35% dos estudantes conseguiam relacionar aceleração constante com variação regular de velocidade, enquanto no pós-teste este percentual elevou-se para 78%.

As respostas abertas também demonstraram evolução qualitativa: no pré-teste predominavam definições memorizadas (aceleração é Δv sobre Δt), enquanto no pós-testes emergiram explicações baseadas na experiência prática (quanto maior a inclinação, maior a aceleração porque a componente da força peso aumenta). Esta mudança evidencia a transição de uma aprendizagem mecânica para uma compreensão significativa dos conceitos.

Os erros entre os valores da aceleração experimental e a aceleração teórica ocorreram devido ao atrito da esfera de vidro com a trena e ao tempo de reação por parte dos estudantes ao realizar as medições.

A aplicação da sequência didática permitiu constatar que a integração entre teoria, experimentação e avaliação diagnóstica contribuiu significativamente para o aprendizado dos estudantes da Escola Estadual José Lobo. O uso de um experimento simples, acessível e de baixo custo, mostrou-se eficaz para desenvolver habilidades de análise, observação e interpretação de fenômenos físicos.

Os resultados reforçam que a experimentação tem papel fundamental no ensino de Física e que estratégias investigativas podem promover a aprendizagem significativa ao aproximar o estudante do fenômeno científico. Tais evidências sustentam a eficácia da proposta didática desenvolvida e apontam caminhos promissores para práticas pedagógicas que aproximam teoria e prática no contexto escolar.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo principal investigar se a utilização de um experimento simples com plano inclinado, construído com materiais acessíveis, como uma trena e uma esfera, pode contribuir para a aprendizagem significativa dos conceitos de movimento uniformemente variado (MUV) no ensino de Física. Para alcançar esse propósito, foram desenvolvidas e aplicadas uma sequência didática, uma aula expositiva e dois questionários, de modo a analisar a evolução conceitual dos estudantes da Escola Estadual José Lobo.

A fundamentação teórica contemplou três eixos essenciais: A ruptura de Galileu com a Física aristotélica e a construção do conceito de aceleração constante, a compreensão do movimento no plano inclinado e sua relevância histórica e pedagógica, e os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que orientaram toda a organização da proposta didática.

Os resultados da aplicação da sequência evidenciaram que os estudantes apresentavam conhecimentos prévios fragmentados sobre aceleração e variação da velocidade, conforme demonstrado no pré-teste. No entanto, após a aula teórica e a realização do experimento, constatou-se um avanço importante no entendimento conceitual, refletido nas respostas do pós-teste. Os alunos passaram a reconhecer a relação entre aceleração constante e variação regular da velocidade.

A atividade prática desempenhou papel fundamental nesse processo. A possibilidade de observar diretamente o comportamento da esfera, medir tempos, comparar resultados e calcular acelerações aproximadas permitiu que os estudantes construíssem significados a partir da própria experiência. Essa vivência reforçou a ideia de que a aprendizagem em Física torna-se mais eficaz quando o estudante tem a oportunidade de manipular, testar e interpretar fenômenos reais. Tais evidências vão ao encontro da perspectiva ausubeliana, segundo a qual o novo conhecimento deve ancorar-se nos conceitos já existentes, sendo reorganizado cognitivamente pelo estudante.

Outro aspecto foi o envolvimento dos alunos ao longo da atividade. A participação ativa, o trabalho em grupo e a curiosidade observada durante o experimento demonstram que propostas investigativas podem favorecer a motivação e o interesse pelo conteúdo. Esse aspecto é especialmente importante no contexto do ensino médio, em que muitos estudantes relatam dificuldades com a aprendizagem em Física.

Dessa forma, conclui-se que a proposta didática desenvolvida se mostrou eficaz para

promover a aprendizagem significativa do MRUV, reforçando a importância de integrar teoria, experimentação e reflexão no ensino de Física. Além disso, o experimento utilizado destaca-se por ser de fácil aplicação e acessível a diferentes realidades escolares, o que o torna uma alternativa viável para professores que desejam valorizar a prática investigativa.

Por fim, espera-se que este trabalho contribua para o debate sobre metodologias ativas no ensino de Física, demonstrando que é possível promover aprendizagem significativa mesmo em contextos com recursos limitados. A experiência bem-sucedida com o plano inclinado de baixo custo pode incentivar outros professores a desenvolverem práticas investigativas que tornem o aprendizado mais dinâmico, contextualizado e significativo para os estudantes, aproximando a Física escolar do fazer científico genuíno.

8. REFERÊNCIAS

- ARAUJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes focos, diferentes abordagens**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 2, p. 176-193, jun. 2003.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.)
- BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- BRASIL ESCOLA. **Plano inclinado**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/plano-inclinado.htm>. Acesso em: 14 out. 2025.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci. Porto Alegre, 12. ed. Bookman, 2015.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2022.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo, 3. Ed, Editora Livraria da Física, 2011.
- PEDUZZI, L. O. Q. **As mil faces de Galileu Galilei: uma construção do seu tempo**. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Orgs.). Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino. Natal: EDUFRN, 2015. p. 49-94.
- SILVA, Sani de Carvalho Rutz; SCHIRLO, Ana Cristina. **Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social**. Imagens da Educação, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2014.
- SOARES, R. R; BORGES, P. F. **O plano inclinado de Galileu: Uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 2, 2501, 2010.
- SOUZA, José Francisco Martins. **Uma proposta didática para implementação do plano inclinado como objeto da cinemática galileana e facilitador da aprendizagem em Física: uma reaproximação entre história da ciência e o ensino de ciência**. Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Piauí, 2016.
- TAVARES, Márcio Diego Oliveira. **Fascículo Virtual de Física: Tradição e Modernização**. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Belém, 2019.
- ZYLBERSZTAJN, Arden. **Galileu – um cientista e várias versões**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 5, n. esp., p. 36–48, jun. 1988.

APÊNDICE A

Este apêndice apresenta o questionário pré-teste aplicado as turmas do 1ºano do Ensino Médio na Escola Estadual José Lobo:

Questionário Pré-Teste:

- 1) Galileu Galilei é considerado um dos pioneiros do estudo do movimento. Qual foi uma de suas principais contribuições para o entendimento do movimento uniformemente variado?
 - a) Afirmar que objetos mais pesados caem mais rápido do que objetos leves.
 - b) Propor que a Terra é o centro do Universo.
 - c) A aceleração dos corpos em é a mesma para todos, independentemente da massa.
 - d) A gravidade depende do formato e do tamanho do objeto.

- 2) Em um movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), a velocidade de um corpo:
 - a) Permanece constante durante todo o movimento.
 - b) Varia uniformemente ao longo do tempo.
 - c) Varia, mas não muda de maneira uniforme ao longo do tempo.
 - d) Depende apenas da massa do corpo.

- 3) O que representa a aceleração em um movimento?
 - a) A variação da velocidade em relação ao tempo.
 - b) A distância total percorrida.
 - c) O tempo total do movimento.
 - d) A velocidade do objeto.

- 4) Quando dizemos que a aceleração é constante, significa que:

- a) O corpo não muda de posição.
 - b) A velocidade muda na mesma proporção em intervalos de tempo iguais.
 - c) O corpo tem a mesma velocidade.
 - d) A velocidade muda na mesma proporção em intervalos de tempo diferentes.
- 5) Em um movimento acelerado, qual das alternativas representa corretamente a relação entre tempo e distância percorrida?
- a) A distância é diretamente proporcional ao tempo.
 - b) A distância é diretamente proporcional ao quadrado do tempo.
 - c) A distância é inversamente proporcional ao tempo.
 - d) A distância não depende do tempo.
- 6) Como você se sente em relação ao conteúdo de movimento e aceleração estudado em Física?
- a) Tenho facilidade para compreender.
 - b) Entendo parcialmente, mas tenho dúvidas.
 - c) Tenho dificuldade em entender o conteúdo.
 - d) Nunca estudei esse tema.

APÊNDICE B

Este apêndice apresenta o questionário pós-teste aplicado as turmas do 1º ano do Ensino Médio na Escola Estadual José Lobo:

Questionário Pós-Teste:

- 1) Durante o experimento, foi possível observar que a velocidade da esfera:
 - a) Aumentou com o tempo.
 - b) Permaneceu a mesma.
 - c) Diminuiu com o tempo.

- 2) A variação regular da velocidade observada no experimento indica que o movimento da esfera é:
 - a) uniforme, pois a velocidade é constante.
 - b) Uniformemente variado, pois a aceleração é constante.
 - c) Irregular, pois a aceleração muda a todo instante.
 - d) Oscilatório, pois a esfera sobe e desce.

- 3) Após realizar o experimento, como você avalia sua compreensão sobre os conceitos de movimento e aceleração?
 - a) Compreendo bem os conceitos.
 - b) Compreendo parcialmente, mas ainda tenho dúvidas.
 - c) Compreendo pouco.
 - d) Não compreendo os conceitos.

- 4) Em relação à atividade prática, você considera que:
 - a) Ajudou bastante na compreensão do conteúdo.
 - b) Ajudou um pouco.

- c) Não fez diferença.
 - d) Deixou o conteúdo mais confuso.
- 5) Nos conte a sua experiência com a aula de hoje, comentando a sua opinião sobre a aula teórica e a atividade prática.

APÊNDICE C

Este apêndice apresenta o roteiro experimental aplicado as turmas do 1º ano do Ensino Médio na Escola Estadual José Lobo:

Aula: Investigando o movimento no plano inclinado

1 - NOSSO DESAFIO CIENTÍFICO

Quando Galileu estudava a queda dos corpos, ele enfrentou um problema: a queda livre era muito rápida para ser medida com a tecnologia da época. Sua solução genial foi usar um plano inclinado para diluir a gravidade.

Seu desafio como cientista é:

Como podemos determinar se o movimento de uma esfera na rampa é uniforme ou acelerado? E como a inclinação da rampa afeta esse movimento?

HIPÓTESE INICIAL

Antes de começar, discuta com seu grupo e registre:

"Acreditamos que a esfera na rampa se moverá com velocidade:

- ☐ CONSTANTE, porque _____
- ☐ VARIÁVEL, porque _____

E quanto maior a inclinação da rampa:

- ☐ MAIOR será a aceleração
- ☐ MENOR será a aceleração
- ☐ A aceleração não mudará"

2 - INTRODUÇÃO TEORICA

Para entender como as coisas caem, precisamos voltar no tempo. Aristóteles acreditava que objetos mais pesados caíam mais rápido, pois sua velocidade seria determinada pelo seu "lugar natural" e pelo seu peso.

Foi Galileu Galilei quem mudou essa história. Ele percebeu que, se removermos a resistência do ar, todos os corpos caem com a mesma aceleração, independente da massa. Como a queda livre é muito rápida para medir com os olhos humanos (e sem cronômetros digitais!), Galileu teve uma ideia genial: usar um plano inclinado. Isso diluía a gravidade,

permitindo medir o tempo com mais precisão.

Neste experimento, estudaremos o Movimento Uniformemente Variado (MUV), onde a aceleração é constante e a velocidade aumenta proporcionalmente ao tempo. As equações que guiarão nosso trabalho são:

- 1) Posição em função do tempo (partindo do repouso):

$$x = \frac{1}{2}at^2 \rightarrow a = \frac{2x}{t^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

- 2) Velocidade em função do tempo:

$$v = at \quad (\text{Eq. 2})$$

- 3) Aceleração teórica no plano inclinado (ignorando atrito):

$$a = g \sin \theta \quad (\text{Eq. 3})$$

(Onde $g = 10, \frac{m}{s^2}$ e θ é o ângulo de inclinação).

3 - MATERIAIS UTILIZADOS (POR GRUPO)

- 1 trena rígida (1,5 m)
- 1 esfera (bola de gude)
- 1 suporte para inclinação (livros)
- 1 transferidor
- 1 cronômetro (pode ser do celular)
- Calculadora
- Esta folha de registro

4 - Procedimento Experimental

Parte A: Montagem e Variação Angular

1. Montagem: Apoie uma extremidade da trena sobre o suporte, criando uma rampa. Certifique-se de que a trena esteja esticada e estável.
2. O Ponto Zero: Marque o topo da trena como a posição inicial ($x = 0$).
3. Execução:
 - Ajuste a inclinação para 5° (verifique com o transferidor).
 - Posicione a esfera no ponto zero.
 - Solte a esfera e acione o cronômetro simultaneamente (cuidado para não empurrar a esfera!).
 - Pare o cronômetro quando a esfera cruzar a marca de 1,50 m.

4. Repita o processo 3 vezes para garantir precisão e anote os tempos na Tabela 1
5. Novos Ângulos: Repita todo o procedimento para os ângulos de 10° e 15° .

Parte B: Análise Detalhada (Apenas para 5°)

Nota: Para preencher a Tabela 2, precisamos dos tempos em posições intermediárias.

1. Mantenha o ângulo em 5° .
2. Realize novas medições cronometrando quanto tempo a esfera leva para chegar nas marcas de 0,50 m e 1,00 m (além da medida de 1,50 m que você já possui).

5 - Coleta e Análise de Dados

Tabela 1: Determinação da Aceleração Experimental

Calcule o tempo médio (t) e utilize a Equação 1 para encontrar a aceleração $a = \frac{2x}{t^2}$

Ângulo (θ)	Distância (x)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	Tempo Médio (t)	Aceleração Exp. (m/s^2)
5°	1,50 m					
10°	1,50 m					
15°	1,50 m					

Tabela 2: Velocidade Média por Trechos (Ângulo 5°)

Use os tempos intermediários medidos na Parte B. Lembre-se que $V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Trecho (Variação do Espaço)	Δx (m)	Variação do Tempo (Δt)	Velocidade Média (m/s)
0,00 a 0,50 m	0,50		
0,50 a 1,00 m	0,50		
1,00 a 1,50 m	0,50		

Tabela 3: Comparação Teórica

Utilize a Equação 3: $a = g \sin \theta$

Ângulo	Aceleração Experimental (Tabela 1)	Aceleração Teórica ($g \cdot \sin \theta$)
5°		
10°		
15°		

6 - Discussão dos Resultados

1. O que você observou? A aceleração se manteve constante ao mudarmos o ângulo? Por quê?
2. Erro Experimental: A aceleração experimental (Tabela 1) foi igual à teórica (Tabela 3)? Se houver diferença, calcule o erro percentual por meio da equação:

$$E\% = \frac{|V_e - V_t|}{V_t} \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

Por fim, explique quais fatores do mundo real (que Galileu ignorou idealmente) podem ter causado isso. (Dica: pense na rotação da esfera e no atrito).

Referências Bibliográficas

- MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. *Curso de Física: Volume 1 - Mecânica*. 1. ed. São Paulo: Scipione.
- RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; TOLEDO, P. A. *Os Fundamentos da Física: Volume 1*. 10. ed. São Paulo: Moderna.
- GASPAR, Alberto. *Com*