INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL – PROFMAT
INSTITUIÇÃO ASSOCIADA: IFPI – *CAMPUS* FLORIANO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO

A CONFECÇÃO E APLICAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA EM UMA TURMA DO ENSINO MÉDIO

FLORIANO
2026

MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO

A CONFECÇÃO E APLICAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA EM UMA TURMA DO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí/*Campus* Floriano, como requisito para obtenção do título de Mestre em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Luiz de Oliveira Neto

Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Campelo da Costa

FLORIANO
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Tolentino, Marcos Vivian da Rocha

T649c A confecção e aplicação de materiais didáticos de baixo custo para o ensino da matemática em uma turma do ensino médio / Marcos Vivian da Rocha Tolentino. - 2026.

166 f.: il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Floriano, 2026.

Orientador : Prof Dr. Guilherme Luiz de Oliveira Neto.

Coorientador : Prof Dr. Ronaldo Campelo da Costa.

1. modelagem matemática. 2. sistema massa-mola. 3. trigonometria. 4. princípio fundamental da dinâmica. I.Título.

CDD - 510

Elaborado por Aurilene Araujo da Costa CRB 3/1272

MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO

A CONFECÇÃO E APLICAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA EM UMA TURMA DO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) do Instituto Federal do Piauí/*Campus* Floriano, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Matemática.

Aprovada em: 04/09/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Guilherme Luiz de Oliveira Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI
Orientador

Prof. Dr. Ronaldo Campelo da Costa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI
Coorientador

Prof. Dr. Roberto Arruda Lima Soares
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI
Avaliador Interno

Prof. Dr. Natã Firmino Santana Rocha
Universidade Estadual do Piauí – UESPI
Avaliador Externo

Prof. Dr. Kelton Silva Bezerra
Universidade Federal do Piauí – UFPI
Avaliador Externo

Dedico este trabalho aos meus familiares, mestres e amigos, em especial ao meu ex-aluno do Ensino Médio, da cidade de Itaueira, Luís Carlos Araújo da Silva, que concluiu seu mestrado em turmas anteriores e sempre me instigou a fazê-lo.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

“Um homem não pode aprender aquilo que já sabe”

(Epicteto)

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar as contribuições da confecção e aplicação de materiais didáticos de baixo custo, trabalhando experimentalmente os conteúdos estudados em sala de aula, na turma de terceiro ano do ensino médio, do curso de técnico em Agente Comunitário de Saúde, no Colégio Técnico de Floriano. O foco na criação e experimentação, serviu para tornar mais atrativo ao adolescente a aquisição destes conhecimentos. A abordagem metodológica utilizada foi mista, ou seja, pesquisa qualitativa, com observações durante a introdução do assunto e quantitativa, com a utilização de dados numéricos para análise e interpretação. Quanto ao tipo, foi uma pesquisa-ação, com a participação dos estudantes envolvidos e consequentemente com a implementação de uma solução. O percurso metodológico envolveu diagnóstico inicial, aulas expositivas dialogadas, construção dos materiais didáticos para estudo, aulas em campo, análise e discussão dos dados obtidos. Os resultados evidenciaram participação ativa dos estudantes e mostraram que, entre os 31 estudantes que consentiram em participar do estudo, compareceram 25 no primeiro experimento, 20 no segundo experimento e 25 no terceiro experimento. Observou-se que os estudantes participantes adquiriram habilidades e conhecimentos mínimos e suficientes acerca do conteúdo sistema de massa-mola, princípio fundamental da dinâmica e trigonometria. O trabalho indicou aumento no desempenho dos estudantes, em termos de letramento matemático, com o conteúdo envolvido na prática. No final foi produzido um produto educacional com a sequência didática para orientação aos professores interessados na metodologia.

Palavras-chave: educação matemática; modelagem matemática; trigonometria; sistema massa-mola; princípio fundamental da dinâmica.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the contributions of creating and using low-cost educational materials—experimentally exploring classroom topics—with a third-year high school class in the Community Health Agent technical program at the Colégio Técnico de Floriano. Focusing on creation and experimentation helped make acquiring this knowledge more engaging for the adolescents. A mixed-methods approach was employed, combining qualitative research (observations made during the introduction of the subject matter) with quantitative research (using numerical data for analysis and interpretation). In terms of research type, it was an action research study involving the students and resulting in the implementation of a solution. The methodological process included an initial assessment, interactive lectures, the construction of educational materials, field classes, and the analysis and discussion of the data obtained. The results demonstrated active student participation; of the 31 students who consented to take part, 25 attended the first experiment, 20 the second, and 25 the third. It was observed that the participating students acquired the necessary skills and a sufficient level of knowledge regarding the mass-spring system, the fundamental principle of dynamics, and trigonometry. The study indicated an improvement in student performance—specifically in mathematical literacy—regarding the content covered in the practical activities. Finally, an educational product was developed containing a didactic sequence to guide teachers interested in this methodology.

Keywords: mathematics education; mathematical modeling; trigonometry; mass-spring system; fundamental principle of dynamics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Descrição do código alfanumérico referente às habilidades previstas na BNCC....26
Figura 2 – Vista superior do CTF....31
Figura 3 – Papiro de Ahmes....37
Figura 4 – Tábula de Plimpton....38
Figura 5 – Esticadores de corda no Egito....39
Figura 6 – Hiparco de Nicéia....39
Figura 7 – Astrolábio de al-Sahlî (1067)....40
Figura 8 – Esboço da utilização de uma groma pelos Romanos....41
Figura 9 – Teodolito primitivo de Digges....41
Figura 10 – Teodolito última geração....42
Figura 11 – Robert Hooke....42
Figura 12 – Ilustração da Lei da Elasticidade por Hooke....43
Figura 13 – Lei de Hooke....44
Figura 14 – Sistema Massa-Mola Vertical, em equilíbrio....44
Figura 15 – Isaac Newton....45
Figura 16 – Material para construção do teodolito caseiro....49
Figura 17 – Alinhamento do canudo ao transferidor....50
Figura 18 – Teodolito caseiro pronto para utilização....50
Figura 19 – Material para construção do sistema massa-mola....51
Figura 20 – Material didático para sistema massa-mola....52
Figura 21 – Material para experimento da 2ª Lei de Newton....53
Figura 22 – Material didático montado para experimento da 2ª Lei de Newton....54
Figura 23 – Encontro inicial....56
Figura 24 – Ângulo obtido com a utilização do teodolito....58
Figura 25 – Medindo a altura dos estudantes....60
Figura 26 – Caixa d'água do Campus Almícar Ferreira Sobral....61
Figura 27 – Pontos de observações....61
Figura 28 – Montagem do sistema massa-mola pelos estudantes....62
Figura 29 – Pesagem dos ganchos....63
Figura 30 – Observações do sistema massa-mola pelos estudantes....64
Figura 31 – Estudantes conhecendo os materiais....65
Figura 32 – Material didático montado....66
Figura 33 – Resolução do estudante da questão 01....68
Figura 34 – Resolução do estudante da questão 02....69
Figura 35 – Resolução do estudante da questão 04....70
Figura 36 – Cálculo seguindo modelo matemático....75
Figura 37 – Cálculo sem seguir o modelo matemático....75
Figura 38 – Planta de corte da caixa d'água....76
Figura 39 – Cálculo da constante elástica - estudante 1....77

Figura 40 – Cálculo da constante elástica - estudante 2..... 78
Figura 41 – Conclusão do experimento do sistema massa-mola..... 79
Figura 42 – Lançamento com pesos diferentes..... 80
Figura 43 – Conclusão do experimento do Princípio Fundamental da Dinâmica..... 81

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparando questão 01.....71
Gráfico 2 – Comparando questão 02.....71
Gráfico 3 – Comparando questão 03.....72
Gráfico 4 – Comparando questão 04.....72
Gráfico 5 – Comparando questão 05.....73
Gráfico 6 – Comparando questão 06.....73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações gerais de Floriano - PI.....32
Tabela 2 - Orçamento do Teodolito.....49
Tabela 3 - Orçamento sistema massa-mola.....52
Tabela 4 - Orçamento experimento do Princípio Fundamental da Dinâmica.....54
Tabela 5 - Altura dos estudantes pesquisados.....60
Tabela 6 - Resumo das avaliações.....74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados para cálculo com o Teodolito ……..… 60
Quadro 2 - Dados para cálculo do Sistema massa-mola ……...…….. 64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAFS	*Campus* Almícar Ferreira Sobral
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CONSUN	Conselho Superior
CTF	Colégio Técnico de Floriano
FUFPI	Fundação Universidade Federal do Piauí
IFPI	Instituto Federal do Piauí
PROFMAT	Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional
PVC	Policloreto de Vinila
TACS	Técnico em Agente Comunitário de Saúde
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFPI	Universidade Federal do Piauí

LISTA DE SÍMBOLOS

%	porcentagem
a	aceleração
cm	centímetro
d	distância
m	metro
F	força
g	grama
g	gravidade
h	altura
K	constante elástica
Kg	quilograma
M	massa
P	peso
tg	tangente
Δl	deformação da mola

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....18
2 REVISÃO DA LITERATURA.....22
2.1 MODELAGEM MATEMÁTICA COMO MÉTODO CIENTÍFICO.....22
2.2 OBSTÁCULOS DA MODELAGEM MATEMÁTICA.....24
2.3 BNCC.....25
2.4 A MODELAGEM MATEMÁTICA E A BNCC.....28
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....31
3.1 MODALIDADE DA PESQUISA.....31
3.2 CENÁRIO DA PESQUISA.....31
3.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA.....33
3.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....34
3.5 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS.....34
3.6 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS.....35
3.7 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA.....35
3.8 DOCUMENTOS LEGAIS.....36
4 CONTEXTO HISTÓRICO.....38
4.1 TEODOLITO.....38
4.2 SISTEMA DE MASSA-MOLA.....43
4.3 PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA.....46
5 CONSTRUÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO.....49
5.1 CONSTRUÇÃO DO TEODOLITO.....49
5.2 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE MASSA-MOLA.....52
5.3 CONSTRUÇÃO PARA O PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA.....54
6 APLICAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....57
6.1 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO COM O TEODOLITO.....58
6.2 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO SISTEMA MASSA-MOLA.....63
6.3 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO DO PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA.....66
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....69
7.1 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA.....69
7.1.1 Desempenho por questão.....69
7.1.2 Comparação entre as avaliações.....71
7.2 EXPERIMENTO COM O TEODOLITO.....75
7.3 EXPERIMENTO COM O SISTEMA MASSA-MOLA.....78
7.4 EXPERIMENTO COM O PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA.....80
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....83
REFERÊNCIAS.....86
APÊNDICE A - Avaliação Diagnóstica.....89
APÊNDICE B - Tabela de razões trigonométricas.....91
ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....92

ANEXO II – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE).....96
ANEXO III-TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS.... 99
ANEXO IV – DECLARAÇÃO DOS PESQUISADORES.....100
ANEXO V – DECLARAÇÃO DE ANUÊNCIA DA INSTITUIÇÃO..... 101
ANEXO VI – CARTA DE ENCAMINHAMENTO AO COMITÊ DE ÉTICA..... 102
ANEXO VII – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO..... 103
ANEXO VIII – ORÇAMENTO.....104
ANEXO IX – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA.....105
ANEXO X – PRODUTO EDUCACIONAL..... 109

1 INTRODUÇÃO

A Matemática está presente em diferentes práticas sociais e constitui uma ferramenta para interpretar, representar e resolver problemas em distintos contextos (Pontes et al., 2017).

No cotidiano, conhecimentos matemáticos são mobilizados em situações relacionadas à organização do tempo, ao consumo, à comparação de grandezas e à tomada de decisões. Desde a infância, diferentes experiências contribuem para a familiarização com operações e formas de raciocínio matemático (Pontes et al., 2017).

Os processos de ensino e aprendizagem precisam ser constantemente aperfeiçoados. A apresentação exclusivamente expositiva de determinados conteúdos pode dificultar a compreensão de estudantes que se beneficiam de representações visuais, da manipulação de materiais e de atividades experimentais.

Os verbos ensinar e aprender são essenciais, sendo atos distintos, realizados por diferentes pessoas, e nem sempre um é garantia do outro, sendo preciso reinventar o processo de ensino e aprendizagem da matemática de modo que se possa gerar sujeitos interessados, motivados e prontos para os desafios do mundo tecnológico (Pontes et al., 2017).

Porém, o ensino da matemática encontra diversas barreiras ao longo de seu percurso. Cabe destacar a falta de realização de experimentos para assimilação dos conteúdos de sala de aula. Muitas vezes, o professor se depara com a escassez de recursos para a educação, não conseguindo adquirir materiais didáticos para pôr em prática o que se estuda de forma teórica.

Abordagens baseadas predominantemente na exposição e na repetição de procedimentos podem limitar as oportunidades de investigação e experimentação. Nesse sentido, estratégias lúdicas e práticas podem ampliar as possibilidades de participação dos estudantes (Marques, 2017).

A criação de recursos didáticos para atividades experimentais pode estimular a participação dos estudantes e favorecer a compreensão de conteúdos específicos. Esses recursos não devem ser tratados como elementos acessórios, mas integrados intencionalmente aos objetivos de aprendizagem e à mediação docente.

Trabalhar com a realização de experimentos muitas vezes ajuda a responder diversas inquietações dos estudantes, como “Por qual motivo estamos estudando este assunto?”, “Quando usarei isso em minha vida?”, “Para que serve este assunto?”, entre outras.

Questionamentos sobre abordagens excessivamente procedimentais no ensino de Matemática decorrem, entre outros fatores, da ênfase na aplicação de regras e técnicas sem a

necessária discussão dos significados, das estratégias e da relevância dos problemas propostos.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), já no Ensino Fundamental, a primeira competência específica da Matemática reforça seu importante papel:

> Reconhecer que a Matemática é uma ciência humana, fruto das necessidades e preocupações de diferentes culturas, em diferentes momentos históricos, e é uma ciência viva, que contribui para solucionar problemas científicos e tecnológicos e para alicerçar descobertas e construções, inclusive com impactos no mundo do trabalho. (Brasil, 2018, p. 267).

Também de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino da matemática:

> A Matemática não se restringe apenas à quantificação de fenômenos determinísticos – contagem, medição de objetos, grandezas – e das técnicas de cálculo com os números e com as grandezas, pois também estuda a incerteza proveniente de fenômenos de caráter aleatório. A Matemática cria sistemas abstratos, que organizam e inter-relacionam fenômenos do espaço, do movimento, das formas e dos números, associados ou não a fenômenos do mundo físico. Esses sistemas contêm ideias e objetos que são fundamentais para a compreensão de fenômenos, a construção de representações significativas e argumentações consistentes nos mais variados contextos (Brasil, 2018, p. 265).

Dessa forma, pode-se considerar a matemática como uma ciência de fundamental importância para as nossas vidas, pois ela condiciona a pensar e criar um senso crítico, trabalhando o raciocínio diante das tarefas encontradas diariamente (Cunha, 2017).

Nesse sentido, a BNCC prevê o desenvolvimento de cinco competências específicas de Matemática e suas Tecnologias para o Ensino Médio (Brasil, 2018).

> 1. Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, das questões socioeconômicas ou tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a contribuir para uma formação geral.
> 2. Propor ou participar de ações para investigar desafios do mundo contemporâneo e tomar decisões éticas e socialmente responsáveis, com base na análise de problemas sociais, como os voltados a situações de saúde, sustentabilidade, das implicações da tecnologia no mundo do trabalho, entre outros, mobilizando e articulando conceitos, procedimentos e linguagens próprios da Matemática.
> 3. Utilizar estratégias, conceitos, definições e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente.
> 4. Compreender e utilizar, com flexibilidade e precisão, diferentes registros de representação matemáticos (algébrico, geométrico, estatístico, computacional etc.), na busca de solução e comunicação de resultados de problemas.
> 5. Investigar e estabelecer conjecturas a respeito de diferentes conceitos e propriedades matemáticas, empregando estratégias e recursos, como observação de padrões, experimentações e diferentes tecnologias, identificando a necessidade, ou não, de uma demonstração cada vez mais formal na validação das referidas conjecturas (Brasil, 2018, p. 531).

Com as competências listadas, espera-se que o estudante seja capaz de articular os conceitos e aplicar as estratégias para investigar e solucionar problemas de forma crítica e reflexiva, ultrapassando o olhar conceitual e estratégico sobre a matemática para interpretar tudo à sua volta.

No contexto escolar contemporâneo, a diversidade de estímulos e formas de interação pode desafiar a manutenção do engajamento dos estudantes. Atividades práticas, especialmente quando articuladas a objetivos de aprendizagem claros, podem ampliar as oportunidades de participação e compreensão.

A limitação de espaços, equipamentos e recursos didáticos em determinados contextos escolares pode dificultar a realização de atividades experimentais.

Sendo assim, é necessário encontrar formas e métodos que permitam aos professores e estudantes atingirem as competências previstas para o processo de ensino e aprendizagem de matemática.

Este trabalho tem como objetivo geral analisar as contribuições da construção e da utilização de materiais didáticos de baixo custo para realização de atividades experimentais na educação básica. A partir de atividades práticas e interativas, com materiais didáticos específicos, busca-se aproximar os estudantes de tópicos matemáticos desafiadores, promovendo o interesse pela disciplina.

Como objetivos específicos pretende-se: (i) proporcionar ao estudante do ensino médio uma melhor assimilação do conteúdo teórico através de experimentos; (ii) orientar os estudantes do ensino médio a construir seu próprio material didático para realização de experimentos; (iii) criar material didático para realização de experimentos do sistema massa-mola; (iv) criar material didático para realização de experimentos do Princípio Fundamental da Dinâmica; (v) criar material didático para realização de experimentos de Trigonometria e (vi) avaliar as contribuições destes recursos didáticos no desenvolvimento do raciocínio lógico e da capacidade de resolução de problemas matemáticos pelos estudantes de forma crítica e reflexiva.

O trabalho está organizado em oito seções. A primeira corresponde à introdução, na qual se apresentam a problemática investigada, os objetivos e a justificativa do estudo. A segunda seção apresenta a revisão da literatura, abordando a Modelagem Matemática, as diretrizes da BNCC e um breve resumo de cada contexto educacional a ser estudado. Na terceira seção, são descritos os materiais e métodos utilizados na pesquisa, incluindo o cenário do estudo, os participantes e os procedimentos adotados para a coleta, a análise dos dados e a sequência didática. Na quarta seção, apresenta-se o contexto histórico de cada um dos três

experimentos. A quinta seção detalha a metodologia de construção de cada material didático utilizado nos experimentos. Já a sexta seção reporta a aplicação dos experimentos, enquanto a sétima apresenta e discute os resultados obtidos com os estudantes. Por fim, na oitava seção, são apresentadas as considerações finais, retomando os principais achados da pesquisa e suas contribuições para o campo educacional.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Trata-se de uma breve apresentação do conteúdo que serviu de base para a implementação da pesquisa. O capítulo aborda a Modelagem Matemática como metodologia científica, bem como os obstáculos enfrentados antes, durante e depois de sua aplicação. Em seguida, apresenta-se um contexto educacional sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e, por fim, a correlação entre a Modelagem Matemática e a BNCC, justificando a escolha desta metodologia.

2.1 MODELAGEM MATEMÁTICA COMO MÉTODO CIENTÍFICO

O distanciamento entre estudantes e determinados objetos de conhecimento constitui uma preocupação recorrente na Educação Matemática. Não compreender a utilidade dos conceitos estudados gera desmotivação, na qual o conhecimento é entendido apenas como um conjunto de regras teóricas e abstratas. Nesse contexto, atribuir significado aos conteúdos e relacioná-los a situações investigáveis torna-se um desafio relevante para a prática docente.

Caldeira(2007) problematiza práticas de ensino de Matemática centradas na reprodução de convenções e regras, destacando a necessidade de ampliar as relações entre conhecimento matemático e realidade. Ao ser minimizada a um sistema de memorização, a Matemática perde sua função mediadora e deixa de atuar como um meio para interpretar o mundo. Essa estrutura pode reduzir o espaço destinado à curiosidade, à investigação e à descoberta, dificultando que os estudantes compreendam os conceitos matemáticos como ferramentas para analisar situações reais.

Ubiratan D'Ambrosio (apud Bassanezi (2023, p.11)), destaca que os sistemas educacionais frequentemente desenvolvem teorias desvinculadas de fatos reais.

De Lima e de Lima (2018) aponta que, o desenvolvimento das atividades docentes deve ser permeado por uma percepção crítica das questões socioculturais, compreendendo o educando em seus múltiplos aspectos: afetivo, cognitivo e social.

Portanto, o ensino mecânico precisa ser superado pelas investigações práticas, alinhando-se às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular-BNCC (Brasil, 2018), que preconiza a capacitação do estudante para interpretar e resolver problemas do mundo real de forma funcional.

Nessa perspectiva, uma possibilidade de superar uma estrutura centrada na reprodução técnica é recorrer à Modelagem Matemática como estratégia educacional, articulando teoria e

prática. Segundo Bassanezi (2023, p.16), “A Modelagem Matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”. O conceito de Modelagem Matemática reforça a capacidade da Matemática de atuar como uma conexão entre a realidade e a análise abstrata.

Essa transformação de problemas do mundo real em problemas matemáticos faz com que o pesquisador e/ou estudante não busque apenas soluções numéricas ou simbólicas, mas também interprete essas soluções, compreenda e intervenha na realidade, evidenciando o caráter ativo e investigativo da Matemática. Corroborando com esta visão, Biembengut e Hein (2024) defendem que a Modelagem Matemática permite ao estudante investigar e validar hipóteses, assumindo um papel ativo em seu aprendizado.

Biembengut e Hein (2024), referem-se à Matemática como alicerce de quase todas as áreas do conhecimento e que permite desenvolver os níveis cognitivo e criativo, independente do nível de escolaridade, propiciando habilidades em criar, resolver problemas e modelar.

> A Modelagem Matemática constitui um ramo próprio da matemática que tenta traduzir situações reais para uma linguagem matemática, para que por meio dela se possa melhor compreender, prever e simular ou, ainda, mudar determinadas vias de acontecimentos, com estratégias de ação, nas mais variadas áreas de conhecimento (Biembengut; Hein, 2024,p.7).

É uma metodologia que vai além da aplicação de fórmulas: exige a compreensão profunda do fenômeno estudado, a identificação de variáveis relevantes e a tradução em modelos matemáticos adequados, envolvendo raciocínio lógico, criatividade e pensamento crítico. Após a produção do modelo, a interpretação das soluções permite avaliar sua fidelidade ao mundo real e sua aplicabilidade, garantindo que os resultados sejam úteis para as tomadas de decisões. Desta maneira, a Modelagem Matemática atua como um elo entre teoria e prática, dando mais significado ao conhecimento matemático, fortalecendo habilidades interpretativas na resolução de problemas e desenvolvendo competências essenciais para o pensamento crítico e a atuação cidadã.

De acordo com Bassanezi (2023), a Modelagem Matemática pode ser compreendida sob duas perspectivas: como método científico e como estratégia educacional de ensino e aprendizagem. Na primeira, a Modelagem Matemática trata-se de um processo de articulação entre teoria e prática na busca pela compreensão da realidade; na segunda, que serviu de base para a pesquisa, apresenta-se como uma abordagem pedagógica favorecendo uma construção significativa do conhecimento. Em ambas as perspectivas, a Modelagem Matemática promove a articulação entre teoria e prática, reforçando o caráter investigativo do conhecimento.

A Modelagem como estratégia de ensino e aprendizagem, favorece o desenvolvimento da capacidade de analisar, interpretar e questionar situações do mundo real, promovendo uma atitude reflexiva diante de problemas sociais e científicos. Sob o ponto de vista formativo, a Modelagem Matemática contribui para uma formação integral do estudante, estimulando autonomia e uma postura investigativa.

Segundo Bassanezi (2023), a inserção da Modelagem na Educação Matemática fundamenta-se em diferentes argumentos, dentre os quais se destacam os de natureza formativa, de desenvolvimento da competência crítica, de utilidade, de caráter intrínseco, de aprendizagem, de abordagem alternativa e de ordem epistemológica.

Em consonância com essa perspectiva, Biembengut e Hein (2024) concebem a Modelagem Matemática como uma proposta pedagógica capaz de despertar, no estudante, o interesse por conteúdos matemáticos ainda não explorados, ao mesmo tempo em que promove o desenvolvimento da competência para modelar situações da realidade. Nessa abordagem, novos tópicos são introduzidos de forma mais contextualizada, favorecendo a construção do conhecimento de maneira ativa, articulando curiosidade, investigação e colocando o estudante como protagonista do processo educativo.

2.2 OBSTÁCULOS DA MODELAGEM MATEMÁTICA

Embora apresente potencial pedagógico, a Modelagem Matemática também enfrenta obstáculos quando incorporada ao ensino regular. Bassanezi (2023) destaca os obstáculos institucionais, especialmente no que se refere à integração com outras áreas do conhecimento, o que, por vezes, é percebido como um desvio do caráter tradicional da Matemática.

Existem também os obstáculos relacionados aos estudantes, uma vez que a aplicação da Modelagem Matemática exige uma mudança de postura no processo de ensino e aprendizagem: o estudante assume o papel central da construção do saber e o professor deixa de ser apenas o transmissor de conhecimento. Além disso, os próprios docentes, por vezes, constituem um obstáculo para a aplicação dessa metodologia, seja pela falta de familiaridade com o método, seja pela necessidade de abordarem assuntos dos quais não têm domínio, ou ainda pela limitação de tempo para cumprir a grade curricular estabelecida.

Biembengut e Hein (2024) defendem a Modelagem Matemática como abordagem pedagógica na Educação Matemática, destacando que sua implementação não pode ocorrer de maneira descontextualizada do contexto escolar.

Como dito, a falta de familiaridade com o método, ponto crucial para o sucesso da proposta, muitas vezes serve de barreira para o próprio professor, já que ele precisa dominar não só os conteúdos matemáticos, como também as estratégias de mediação, condução de projetos e articulação interdisciplinar.

O próprio currículo escolar também oferece barreiras para a implementação da Modelagem Matemática, em razão da organização de seus programas e dos conteúdos previstos. Sem desconsiderar as exigências da própria instituição, esses fatores colaboram para a ampliação ou a restrição na aplicação do método. Oliveira (2024) destaca que "A escola, em muitos momentos, não abre espaço para os conhecimentos trazidos pelos estudantes, impondo uma única forma de saber como a única possível".

Por fim, uma importante barreira a ser destacada é a disponibilidade de tempo, seja do professor ou do estudante, já que a aplicação metodológica da Modelagem Matemática, requer investigação, discussão, validação de hipóteses e reflexão, ou seja, etapas que requerem dedicação e planejamento. D'Ambrosio destaca que, "o fundamental não é mudar o arranjo de móveis na sala, mas mudar a atitude do professor" (D'Ambrosio, 1996, p. 106).

Mesmo com tantos obstáculos, a Modelagem Matemática se apresenta como uma metodologia inovadora e com relevante contribuição para o fortalecimento do ensino, ampliando o leque de possibilidades didáticas para o processo de ensino-aprendizagem.

2.3 BNCC

A BNCC trata-se de um marco normativo para a educação brasileira, estabelece referenciais comuns no sentido de promover uma maior equidade no sistema educacional. Seu objetivo principal é assegurar a todos os estudantes, independentemente da região ou do contexto socioeconômico, acesso a um conjunto de competências e habilidades essenciais à formação humana integral (Brasil, 2018, p. 7).

É, portanto, um instrumento legal, orientador, que assegura unidade nacional considerando as especificidades locais, fortalecendo a construção de um currículo estruturado, progressivo, comprometido com a formação integral do educando e com o exercício da cidadania (Brasil, 2018, p. 468). Fundamenta as políticas relativas à formação inicial e continuada de professores, aos processos avaliativos e à produção de materiais e conteúdos educacionais.

É um documento normativo que estabelece as diretrizes essenciais a serem asseguradas a todos os estudantes ao longo da Educação Básica no Brasil, orientando a elaboração dos currículos das redes públicas e privadas de ensino. Sua homologação ocorreu

em duas etapas: em 2017, para a Educação Infantil e o Ensino Fundamental, e em 2018, para o Ensino Médio, consolidando-se como referência nacional para a organização curricular.

A BNCC organiza-se em dez Competências Gerais a serem desenvolvidas ao longo da Educação Básica, que pretendem assegurar, como resultado do seu processo de aprendizagem e desenvolvimento, uma formação humana integral que vise à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (Brasil, 2018, p. 25).

Sobre a organização por etapas da BNCC, a Educação Infantil estrutura-se por campos de experiência, os quais orientam as práticas pedagógicas voltadas ao desenvolvimento integral da criança. No Ensino Fundamental, organiza-se por áreas do conhecimento, sendo: Linguagens (integrada por Língua Portuguesa, Arte, Educação Física e Língua Inglesa); Matemática; Ciências da Natureza; Ciências Humanas (Geografia e História); e Ensino Religioso. No Ensino Médio, a organização por áreas é mantida, sendo inserido os itinerários formativos e à formação técnica e profissional, de acordo com a proposta de flexibilização curricular e aprofundamento das trajetórias formativas dos estudantes.

Para cada área do conhecimento são estabelecidas competências específicas, desdobradas em habilidades associadas a diferentes objetos de conhecimento e unidades temáticas (Brasil, 2018, p. 28). Essa organização favorece o planejamento docente e o acompanhamento das aprendizagens.

Conforme a normativa, compreendem-se como objetos de conhecimento os conteúdos, conceitos e processos a serem trabalhados no desenvolvimento das habilidades. Já as habilidades, configuram como aprendizagens essenciais, explicitando toda expectativa de desenvolvimento do estudante ao longo de sua trajetória escolar. Já as Unidades Temáticas, organizam os Objetos de Conhecimento em uma estrutura coesa, baseado nas especificidades de cada componente curricular, determinando a progressão sistêmica do percurso formativo.

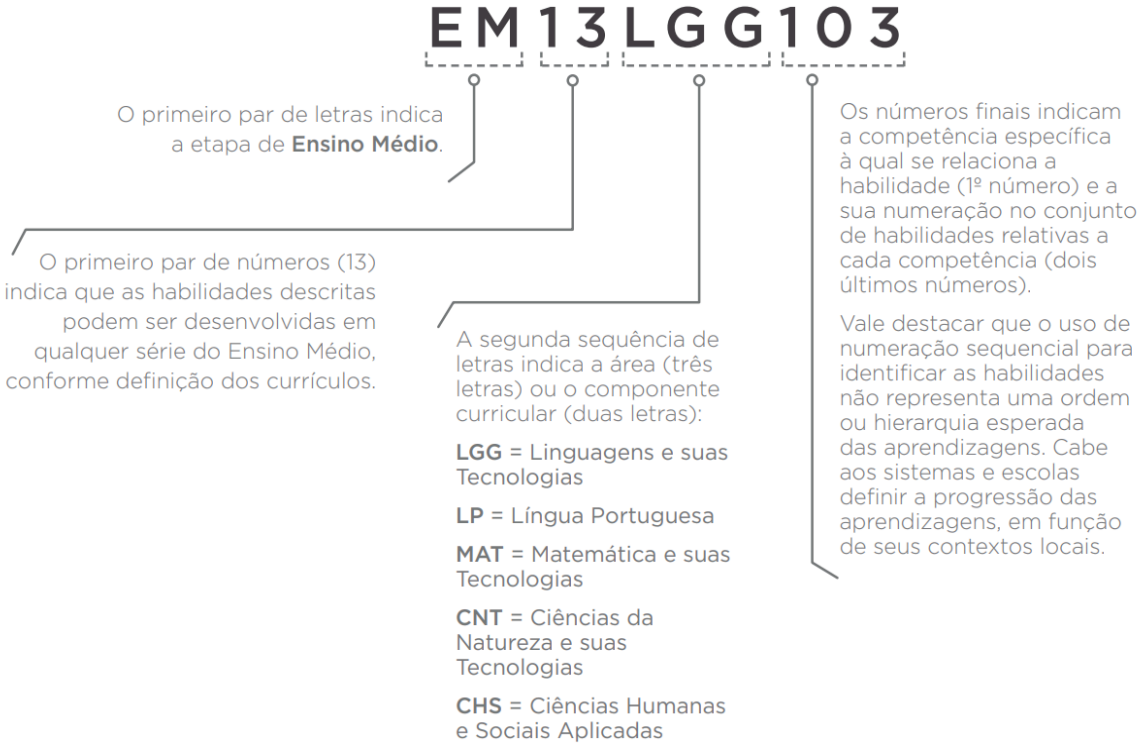
No Ensino Médio, a estrutura da BNCC muda em relação ao Ensino Fundamental: desaparecem as "unidades temáticas" divididas por anos. Em vez disso, a Matemática é tratada como uma área única (Matemática e suas Tecnologias), dividida em Competências Específicas e Habilidades que são desenvolvidas ao longo dos três anos.

Como a BNCC explícita para cada bloco de anos da Educação Básica um quadro com as Unidades Temáticas, os Objetos de Conhecimento e as Habilidades estabelecidas, apresenta-se logo em seguida o quadro com os componentes curriculares estudados durante a pesquisa.

Na Figura 1, é ilustrado um exemplo de como a BNCC identifica as habilidades a serem trabalhadas ao longo de todo o Ensino Médio, através de um código alfanumérico evidenciando o rigor e a sistematização adotados pelo documento.

De acordo com esse critério, apresentado na Figura 1, as duas primeiras letras correspondem à etapa do Ensino Médio, o primeiro par de números refere-se ao bloco de anos, o segundo par de letras indica o componente curricular e o último par de números indica a posição da habilidade na numeração sequencial.

Figura 1 – Descrição do código alfanumérico referente às habilidades previstas na BNCC.



Fonte: Brasil, página 34 (2018)

A título de exemplificação, uma das habilidades trabalhadas durante a pesquisa — referente à confecção e ao uso do teodolito — possui o código **EM13MAT308**. As duas primeiras letras (EM) correspondem à etapa do Ensino Médio. O primeiro par de números (13) indica que a habilidade pode ser desenvolvida ao longo de todo o Ensino Médio (da 1ª à 3ª série). O segundo par de letras (MAT) identifica a área de conhecimento de Matemática e suas Tecnologias. O algarismo subsequente (3) sinaliza a vinculação à Competência Específica 3, que orienta o uso de estratégias e conceitos matemáticos para a construção de modelos e resolução de problemas (Brasil, 2018, p. 535). Por fim, o último par de números (08) indica a posição sequencial da habilidade no âmbito dessa competência, a qual propõe: 'Aplicar as relações métricas, incluindo as leis do seno e do cosseno ou as noções de

congruência e semelhança, para resolver e elaborar problemas que envolvem triângulos, em variados contextos' (Brasil, 2018, p. 536).

Para o experimento do sistema massa-mola, a habilidade trabalhada foi EM13MAT306 - Resolver e elaborar problemas em contextos que envolvem fenômenos periódicos reais (ondas sonoras, fases da lua, movimentos cíclicos, entre outros) e comparar suas representações com as funções seno e cosseno, no plano cartesiano, com ou sem apoio de aplicativos de álgebra e geometria (Brasil, 2018, p. 536).

Para o experimento do Princípio Fundamental da Dinâmica a habilidade trabalhada foi EM13MAT314 - Resolver e elaborar problemas que envolvem grandezas determinadas pela razão ou pelo produto de outras (velocidade, densidade demográfica, energia elétrica etc..) (Brasil, 2018, p. 537).

Cabe destacar que estas habilidades específicas foram utilizadas para embasamento do início das experiências mas, as referidas habilidades podem ser trabalhadas de maneira interdisciplinar, principalmente com a disciplina de Física. É possível citar as habilidades EM13CNT204 - Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (Brasil, 2018, p. 557) e EM13CNT301 - Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (Brasil, 2018, p. 559), que estão diretamente ligadas aos 3(três) experimentos da pesquisa.

Observa-se que a estrutura da BNCC está organizada segundo critérios claros de sistematização e progressão das aprendizagens, o que permite a localização clara das etapas, anos escolares, componentes curriculares e habilidades correspondentes. Toda essa organização favorece a coerência interna da normativa e, principalmente, contribui para o planejamento pedagógico, a articulação entre currículo, avaliação e formação docente, além da progressão dos estudantes.

2.4 A MODELAGEM MATEMÁTICA E A BNCC

Na área de Matemática e suas Tecnologias, a BNCC destaca que “[…] novos conhecimentos específicos devem estimular processos mais elaborados de reflexão e de

abstração, que deem sustentação a modos de pensar que permitam aos estudantes formular e resolver problemas em diversos contextos […]" (Brasil, 2018, p. 529).

> Para que esses propósitos se concretizem nessa área, os estudantes devem desenvolver habilidades relativas aos processos de investigação, de construção de modelos e de resolução de problemas. Para tanto, eles devem mobilizar seu modo próprio de raciocinar, representar, comunicar, argumentar e, com base em discussões e validações conjuntas, aprender conceitos e desenvolver representações e procedimentos cada vez mais sofisticados. (Brasil, 2018, p. 529).

Ao raciocinar, desenvolver representações e validar modelos, o estudante é desafiado a justificar procedimentos, interpretar resultados e fundamentar suas conclusões a partir de dados e argumentos convincentes. Esse movimento vai ao encontro da sistematização da Modelagem Matemática proposta por Bassanezi (2023).

E, pela concepção defendida por Biembengut e Hein (2024), quando o estudante investiga situações reais e propõe intervenções fundamentadas, desenvolve postura ética e consciência social, indo de encontro com a competência relacionada à responsabilidade e cidadania, que por sua vez também se articula com a Modelagem Matemática, quando é compreendida como instrumento para analisar criticamente fenômenos sociais, econômicos e ambientais.

Isto posto, percebe-se que a Modelagem vai ao encontro do compromisso da BNCC com o desenvolvimento de competências específicas, ao propor que os estudantes desenvolvam habilidades relativas aos processos de investigação, de construção de modelos e de resolução de problemas.

Segundo a BNCC, a Matemática desempenha papel fundamental na formação do cidadão, na medida em que favorece o desenvolvimento do pensamento crítico, da capacidade de argumentação e da resolução de problemas em diferentes contextos sociais.

Observa-se que os princípios que fundamentam a Modelagem Matemática já apresentados servem de elo entre a teoria e a prática, dando mais significado ao conhecimento matemático, fortalecendo habilidades interpretativas na resolução de problemas e desenvolvendo competências essenciais para o pensamento crítico e a atuação cidadã. Esses princípios encontram-se presentes nas competências e habilidades propostas pela BNCC.

Das dez Competências Gerais que orientam toda a Educação Básica, estabelecidas pela BNCC, algumas dialogam diretamente com os fundamentos da Modelagem Matemática. Destacando-se aquela que propõe o exercício do pensamento científico, crítico e criativo, uma vez que a Modelagem Matemática se estrutura a partir da problematização de situações da realidade, da formulação de hipóteses, da construção de representações e da validação de

resultados. Tal movimento investigativo aproxima-se do que a BNCC compreende como prática intelectual fundamentada na curiosidade, na análise e na busca de soluções para problemas concretos.

Logo, mesmo que a Modelagem Matemática não seja diretamente abordada na BNCC, seus pressupostos vão ao encontro das Competências Gerais previstas no texto normativo, principalmente no que é frisado sobre a formação de sujeitos críticos e capazes de intervir, por meio da linguagem matemática, na realidade em que vivem.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico, foi abordado todo o planejamento da pesquisa, ou seja, a forma como a intervenção foi implementada. É abordada a modalidade adotada na pesquisa, apresentado o cenário em que a pesquisa foi aplicada, bem como seus participantes. São apresentados também os instrumentos de coleta de dados utilizados na pesquisa, seus procedimentos e técnicas adotadas. Por fim, são explanados os aspectos éticos adotados durante a pesquisa, com destaque para sua submissão ao Comitê de Ética da Universidade Federal do Piauí (UFPI) e todos os documentos legais que amparam a pesquisa.

3.1 MODALIDADE DA PESQUISA

Inicialmente, realizou-se um levantamento bibliográfico para fundamentar os conceitos de sistema massa-mola, Princípio Fundamental da Dinâmica e noções de trigonometria. Foram consultados livros, artigos, dissertações e documentos normativos relacionados ao tema.

De acordo com Gil (2017), a escolha do procedimento metodológico está diretamente relacionada à necessidade de atingir os objetivos da pesquisa. Quanto aos objetivos, a pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva. Quanto à abordagem, adota procedimentos qualitativos e quantitativos. Em relação ao delineamento, configura-se como pesquisa-ação, pois o pesquisador interveio no contexto investigado, acompanhando a construção do material didático, a realização da atividade e a análise dos resultados.

Nesse sentido, a pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva, pois busca descrever e analisar a construção e a utilização de materiais didáticos de baixo custo, em uma intervenção voltada ao ensino de Trigonometria, do Princípio Fundamental da Dinâmica e do sistema massa-mola, considerando os procedimentos adotados, os resultados das medições e as percepções observadas durante a atividade

3.2 CENÁRIO DA PESQUISA

A Universidade Federal do Piauí (UFPI) é uma instituição de ensino superior, mantida pela Fundação Universidade Federal do Piauí (FUFPI), criada pela Lei n.º 5.528, de 12 de novembro de 1968, com sede na cidade de Teresina, no estado do Piauí. A Universidade goza

de autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial, exercida na forma da legislação vigente, de seu Estatuto e de seu Regimento Geral.

O Colégio Técnico de Floriano (CTF) (figura 2), local onde a pesquisa foi realizada, está situado na microrregião do Sudoeste Piauiense e é uma Escola de Educação Profissional vinculada à Universidade Federal do Piauí (UFPI). Criado pela Resolução n.º 01/79, de 3 de janeiro de 1979, o CTF instituiu-se nos termos dos artigos 2.º e 4.º do Decreto-Lei n.º 22.470, de 20 de janeiro de 1947, e das disposições do Decreto-Lei n.º 9.693, de 20 de agosto de 1946. Transformado em *Campus* Amílcar Ferreira Sobral (CAFS) pelo Ato da Reitoria n.º 322/95, de 06 de março de 1995, teve sua nomenclatura alterada pelo Conselho Superior (CONSUN) da Universidade, de Colégio Agrícola de Floriano para Colégio Técnico de Floriano por meio da Resolução CONSUN/UFPI n.º 003/2013, de 23 de janeiro de 2013. O CTF está integrado ao CAFS (unidade de ensino de graduação da UFPI) e situa-se na Rodovia BR-343, a 3,5 km do centro da cidade, no Bairro Meladão, com uma extensão territorial de 122.685 m^2. O CTF é diretamente subordinado à Universidade Federal do Piauí (UFPI), sediada em Teresina, Capital do Estado.

Figura 2 – Vista superior do CTF



Fonte: Universidade Federal do Piauí (s.d.).

A pesquisa foi realizada em uma turma de 3.º ano do Ensino Médio do Curso Técnico em Agente Comunitário de Saúde (TACS). Esse curso é ofertado pelo Colégio Técnico de Floriano desde 2021 e, ao longo dos anos, vem passando por adequações de acordo com as legislações implementadas.

A cidade de Floriano (PI) está localizada na Zona Fisiográfica do Médio Parnaíba, à margem direita desse mesmo rio, em frente à cidade de Barão de Grajaú (MA). De acordo com o Censo de 2022, o município possui uma população de 62.036 habitantes. A tabela 1 apresenta uma breve síntese de informações pertinentes sobre o município de Floriano (PI).

Tabela 1 - Informações gerais de Floriano - PI

Aspecto	**Descrição**
Nome oficial	Floriano
Gentílico	Florianense
Título	Princesa do Sul
Fundação	08 de julho de 1897
Área territorial	3.407,978km²
Altitude média	140 metros
Coordenada geográficas	06°46´01” S e 43°01´22” O
Distância até Teresina	240Km

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

3.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA

Todos os estudantes do 3.º ano do Ensino Médio do Curso Técnico em Agente Comunitário de Saúde foram convidados a participar da pesquisa. Os participantes foram informados sobre os objetivos, os procedimentos, os riscos e os benefícios da investigação, bem como sobre a liberdade de recusar ou interromper sua participação a qualquer momento. Também foi assegurada a confidencialidade dos dados.

O acesso à instituição ocorre por meio de processos seletivos realizados anualmente. A turma investigada ingressou no colégio mediante o Edital n.º 13/2023 (Processo Seletivo para os Cursos Técnicos dos Colégios Técnicos da UFPI – 2024). Em 2024, matricularam-se 40 estudantes para o curso e, no início da pesquisa, a turma contava com 32 estudantes matriculados. Destes, 31 consentiram em participar do estudo; uma estudante encontrava-se afastada, amparada regimentalmente, para o cumprimento de exercícios domiciliares por conta da maternidade.

O Curso Técnico em Agente Comunitário de Saúde é ofertado na forma concomitante ao Ensino Médio, funcionando nos dois turnos.

Para a participação na pesquisa, foi apresentado aos estudantes o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), documento que reúne os principais

esclarecimentos sobre o andamento do estudo. O termo foi lido na íntegra em sala de aula, sendo solicitadas as assinaturas de todos os estudantes que desejaram participar.

Como a maioria desse público era constituída por adolescentes menores de idade, os pais ou responsáveis também foram informados sobre a pesquisa e, após sua anuência quanto à participação dos filhos, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Autorização de Uso de Imagem.

3.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Como instrumentos de coleta de dados, foram usados questionários e as observações realizadas durante os momentos de explanação do conteúdo, de criação dos materiais didáticos e de aplicação dos experimentos. O questionário diagnóstico continha seis questões, sendo duas sobre trigonometria, duas sobre o sistema massa-mola e duas sobre o Princípio Fundamental da Dinâmica; a avaliação final continha seis questões com itens equivalentes. Cada resposta foi classificada segundo raciocínio lógico e a clareza na resposta final. Os materiais foram elaborados pelos autores ou adaptados a partir de acervos já existentes para cada assunto.

Todo o trabalho foi realizado nas dependências do Colégio Técnico de Floriano, parte em sala de aula e parte em ambientes externos, mantendo-se dentro das dependências da escola.

Os questionários e os eventuais registros de imagem foram tratados de forma a garantir a privacidade e a confidencialidade dos participantes. Não foram coletados dados pessoais, e os resultados da pesquisa divulgados ou publicados não permitirão a identificação dos participantes. Todos os instrumentos, roteiros e termos foram arquivados em armário trancado na coordenação do Mestrado, localizada no Instituto Federal do Piauí - *Campus* Floriano, na rua Francisco Urquiza Machado, 462, bairro Campo Velho, por um período mínimo de cinco anos. Alcançado este prazo, todo o material será incinerado.

3.5 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Inicialmente, aplicou-se uma avaliação diagnóstica (pré-intervenção). Ao final de todos os experimentos, aplicou-se uma avaliação final (pós-intervenção), destinada a verificar mudanças no desempenho dos estudantes quanto aos conteúdos trabalhados. Ambas as

avaliações continham a mesma estrutura e, em seguida, foi apresentado o desempenho dos estudantes em cada questão.

Ao longo de todo o processo, os estudantes tiveram aulas expositivas, apoiadas em diversos recursos didáticos para a assimilação dos conteúdos. Após a explanação de cada tópico – sistema de massa-mola, Princípio Fundamental da Dinâmica e Trigonometria – , iniciou-se a confecção do material didático correspondente. Posteriormente, foram realizados experimentos relativos a cada assunto, desenvolvidos dentro e fora da sala de aula. Os experimentos fora da sala de aula foram realizados dentro do *Campus*, sem necessidade de deslocamento externo. A análise dos resultados foi realizada também por tópico. Ao final da intervenção, após a realização de todos os experimentos, aplicou-se um novo questionário para analisar os possíveis conhecimentos adquiridos. Para a aplicação deste questionário, utilizou-se apenas um encontro. Durante toda a pesquisa, ocorreram cinco encontros, distribuídos em doze aulas do horário escolar, conforme detalhado no transcorrer deste trabalho.

3.6 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS

Os registros de observação foram analisados descritivamente, com o objetivo de contextualizar a participação dos estudantes e as dificuldades verificadas durante a atividade.

Para interpretação dos textos e das imagens referentes à participação dos estudantes, empregou-se a técnica de análise qualitativa para sintetizar a experiência e a perspectiva dos estudantes.

Os dados quantitativos foram analisados por meio de estatística descritiva, utilizando frequências absolutas e relativas, medidas de tendência central quando pertinentes e comparação dos resultados obtidos antes e após a intervenção.

3.7 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Quanto aos aspectos éticos e legais, a pesquisa fundamentou-se nas Resoluções n.º 466/2012, que trata das diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, e n.º 510/2016, que trata das normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais, ambas do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Foram adotados procedimentos de consentimento (TCLE, Anexo 1) e de assentimento (TALE, Anexo 2), assegurando a participação voluntária, o direito de recusa e a possibilidade de desistência sem prejuízos.

Durante a construção do teodolito, o manuseio de tesouras foi classificado como um risco de pequena lesão. Para minimizá-lo, os estudantes receberam orientações prévias de segurança e permaneceram sob supervisão constante. Em caso de eventual intercorrência, estavam previstos o atendimento inicial pela equipe de enfermagem da instituição e, se necessário, o encaminhamento aos serviços de saúde disponíveis no *campus* ou na rede pública local.

Como foram utilizados questionários no início e ao término da pesquisa, era possível, ainda que de forma mínima, que o participante sentisse desconforto, constrangimento ou cansaço, embora o estudo não revelasse dados pessoais. Outro risco em potencial dizia respeito à proteção de dados, como a quebra de anonimato, de sigilo ou de confidencialidade. Com o objetivo de mitigar esses riscos, os questionários aplicados não possuíam nenhum tipo de identificação, garantindo assim o anonimato e o sigilo dos participantes.

Não foram coletadas informações identificáveis, como nome, endereço, CPF, identidade ou data de nascimento. Nunca serão divulgadas informações que permitam a identificação do participante em relatórios, artigos ou apresentações. Durante a aplicação dos questionários, foram observados possíveis sinais de sofrimento e, caso necessário, o participante seria encaminhado ao atendimento psicológico existente na escola.

Os dados físicos ficaram guardados em armário trancado na coordenação do Mestrado, localizada no Instituto Federal do Piauí - *Campus* Floriano, na rua Francisco Urquiza Machado, 462, bairro Campo Velho, sob a responsabilidade exclusiva do pesquisador. Decorrido o prazo de cinco anos estipulado para a guarda dos dados, o material será destruído de forma segura por meio do processo de incineração.

3.8 DOCUMENTOS LEGAIS

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí, sob Parecer n.º 8.161.341 e CAAE n.º 92905725.3.0000.5660, antes do início da coleta de dados, sendo encaminhados os seguintes documentos:

- TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo I);
- TALE - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (Anexo II);
- Termo de Autorização de uso de imagem e depoimentos (Anexo III);

- Declaração dos pesquisadores (Anexo IV);
- Declaração de anuência da Instituição (Anexo V);
- Carta de encaminhamento ao Comitê de Ética (Anexo VI);
- Cronograma de execução (Anexo VII);
- Orçamento (Anexo VIII);

Após análise, o Comitê de Ética autorizou o início da pesquisa, conforme consta no Parecer Consubstanciado (Anexo IX).

4 CONTEXTO HISTÓRICO

Iniciar as aplicações dos experimentos partindo de um contexto histórico é necessário para que os estudantes entendam a temporalidade da descoberta em sua época. Quando se afirma que a matemática desempenha um papel heurístico, ressalta-se sua importância como um ferramenta para a descoberta, invenção ou resolução de problemas, sendo útil para guiar a investigação e gerar novas ideias.

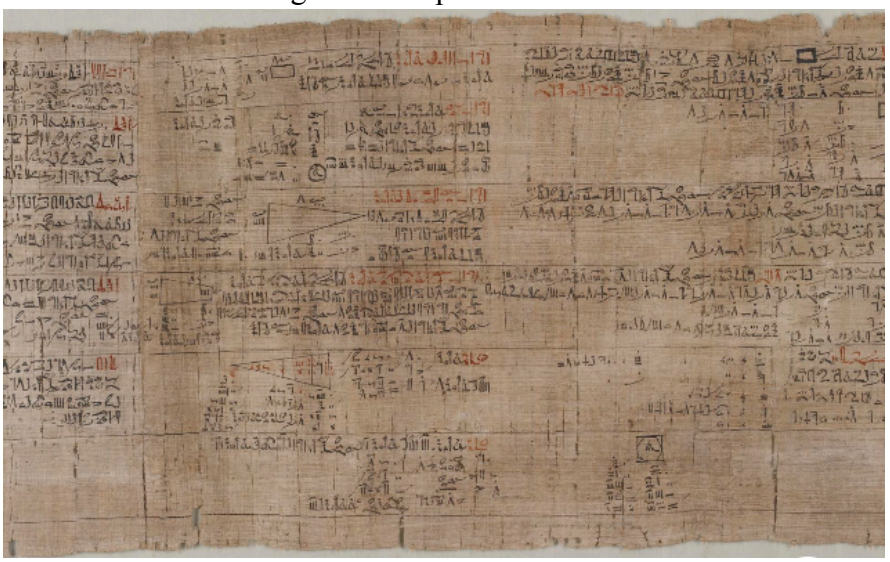
> Apesar de a Matemática ser, por excelência, uma ciência hipotético-dedutiva, porque suas demonstrações se apoiam sobre um sistema de axiomas e postulados, é de fundamental importância também considerar o papel heurístico das experimentações na aprendizagem da Matemática.(Brasil, 2018, p. 265).

4.1 TEODOLITO

O termo trigonometria deriva das palavras gregas *trígonos* (triângulo) e *métron* (medida). A trigonometria, como os outros ramos da matemática, não foi obra de um só homem ou nação. Com os gregos pela primeira vez encontramos um estudo sistemático de relações entre ângulos (ou arcos) num círculo e os comprimentos das cordas que os subentendem (Boyer, 2010, pg 108).

Seus primeiros registros são datados por volta de 1650 a.C., o Papiro de *Ahmes*, do Egito Antigo, representado na figura 3, contendo 84 problemas matemáticos (Boyer, 2010, pg 8).

Figura 3 – Papiro de Ahmes



Fonte:The British Museum (s.d.).

A tábua cuneiforme *Plimpton* 322 (Figura 4), datada do período babilônico (entre 1822 e 1762 a.C.), contém quinze linhas de registros numéricos associados a relações que podem ser interpretadas no contexto de triângulos retângulos. O artefato encontra-se na Universidade de Columbia, em Nova York (Estados Unidos), e recebe esse nome por ter pertencido ao editor e filantropo estadunidense *George Arthur Plimpton,* que, em 1936, doou toda a sua coleção de artefatos matemáticos para a Universidade Columbia (Boyer, 2010, pg 24).

Devido a limitações documentais, bem como à própria forma como o conhecimento era difundido entre diferentes civilizações, não existe consenso sobre o exato surgimento do conceito de medida de ângulo. No entanto, os gregos desenvolveram estudos sistemáticos sobre as relações entre ângulos e arcos em uma circunferência (Boyer, 2010, pg 108).

Figura 4 – Tábula de Plimpton



Fonte: Vinciguerra (2017).

Foi na Grécia Antiga que muito do conhecimento de geometria e trigonometria se alavancou nos últimos séculos antes de Cristo, cabendo destacar dois importantes e conhecidos pensadores da época, fundamentais aos estudos de triângulos, *Tales de Mileto* (624-548 a.C.) e *Pitágoras* (570 - 495 a.C.). *Tales* se destacou pelo estudo de semelhança de triângulos e *Pitágoras* tem seu nome intimamente ligado à relação entre os catetos e a hipotenusa em um triângulo retângulo (Berlinghoff, 2010, pg.15).

No Egito Antigo, há registros do uso de cordas em procedimentos de medição e demarcação, prática frequentemente associada aos chamados “esticadores de cordas” (Boyer, 2010, p.12), conforme figura 5.

Figura 5 – Esticadores de corda no Egito



Fonte: University College London (s.d.).

O astrônomo grego *Hiparco de Nicéia* (figura 6), do século II a.C., apresentou tantas descobertas no campo da trigonometria que ganhou o reconhecimento e o título de "pai" da trigonometria. *Hiparco* foi responsável por construir a primeira tabela trigonométrica relacionada a uma tabela de cordas, sendo que estas cordas foram muito utilizadas em aplicações astronômicas, de modo a contribuir para a catalogação de estrelas e em processos de observações da astronomia, como a duração do mês e do ano, o tamanho da Lua e o ângulo de inclinação eclíptica (Boyer, 2010, pg 110).

Hiparco mediu a distância da terra à lua, sem precisar nem mesmo do diâmetro da Terra. Ele imaginou uma geometria com a qual, durante um eclipse lunar, isto é, quando a Terra fica exatamente entre o Sol e a Lua, seria possível calcular a distância da Terra à Lua. Descobriu a precessão dos equinócios e a possibilidade de dividir um círculo em 360° (Boyer, 2010, pg 110).

Figura 6 – Hiparco de Nicéia



Fonte: Clubes de Matemática da OBMEP (s.d.).

Hiparco também construiu um instrumento da qual deu o nome de astrolábio, ele utilizava este instrumento para calcular a posição dos astros a partir de princípios geométricos. Nenhum astrolábio original feito por *Hiparco de Nicéia* sobreviveu ao tempo, como o astrônomo viveu no século II a.C., todos os aparelhos mecânicos construídos por ele ou por seus contemporâneos na Grécia Antiga se perderam(Teixeira, 2025, p.30).

A própria existência de suas invenções e de seu famoso catálogo de estrelas chegou até a atualidade apenas por meio de relatos escritos de historiadores e cientistas posteriores, como Cláudio *Ptolomeu* (Boyer, 2010, pg 111). Na figura 7, temos o famoso Astrolábio de *al-Sahlî*, construído em 1067 d.C, pelo renomado artesão islâmico *Ibrahim ibn Said al-Sahali* e que se encontra preservado no Museu Arqueológico Nacional (M.A.N), localizado em Madri, Espanha.

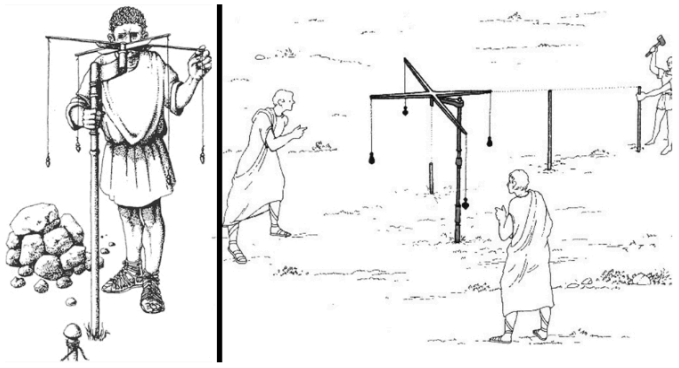
Figura 7 – Astrolábio de *al-Sahlî* (1067)



Fonte: Museo Arqueológico Nacional (s.d.).

A utilização de objetos físicos para a medição e demarcação de territórios acompanha a trajetória da humanidade. Por séculos, esses instrumentos passaram por constantes inovações, alavancando a evolução do conhecimento da matemática de cada época. Além das cordas empregadas em procedimentos de medição, destacam-se instrumentos romanos como a *groma* (Figura 8), composta por uma haste vertical e elementos de prumo, utilizada em levantamentos e no estabelecimento de alinhamentos e ângulos retos em obras e vias. (Teixeira, 2025, p.42).

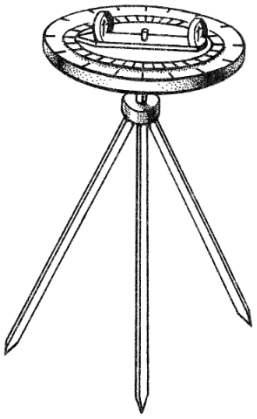
Figura 8 – Esboço da utilização de uma *groma* pelos Romanos



Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (s.d.).

Todos estes conhecimentos contribuíram para a idealização do atualmente conhecido Teodolito. A palavra "*theodolitus*" foi cunhada e utilizada pela primeira vez por *Leonard Digges* em seu livro publicado postumamente por seu filho *Thomas Digges*, intitulado *A Geometrical Practise, Named Pantometria*. O teodolito primitivo de *Leonard Digges* (figura 9), usado por navegadores ingleses no século XVI, no período das grandes navegações, tinha como principal funcionalidade medir ângulos horizontais e verticais do céu, contribuindo para orientação e deslocamentos realizados ao longo na viagens marítimas, algo similar ao Astrolábio, ferramenta criada por *Hiparco* (Teixeira, 2025, p.43).

Figura 9 – Teodolito primitivo de *Digges*

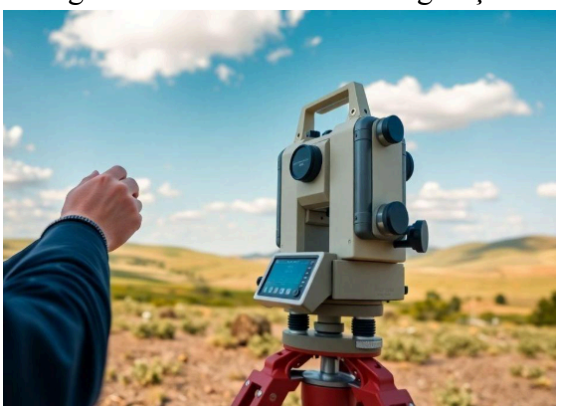


Fonte: *University of Oklahoma (s.d.)*.

Os teodolitos mais recentes, assim como o primitivo, são montados sobre um tripé com niveladores de estabilidade proporcionando uma liberdade de rotação vertical e horizontal, de modo que o operador do instrumento manuseie e se oriente em duas partes: a mecânica e a óptica, sendo a primeira denominada como “base” e a segunda de “alidarte”. Segundo Silva (2021), a história do teodolito reflete o progresso da ciência e da tecnologia, já que suas melhorias sempre estiveram relacionadas às necessidades práticas de medição precisa em projetos de construção, mapeamento e navegação.

A última geração dos Teodolitos, eletrônicos e digitais, permanecem utilizando tripés mas, possuem telas de LCD, prumos digitais ou a laser e botões de comando para facilitar a leitura rápida de ângulos em campo, operação por baterias recarregáveis de Íons de Lítio (Li-ion) com autonomia para longas jornadas e proteção contra poeira e respingos d'água para trabalho severo em obras. Tudo que possui de mais tecnológico atualmente (Teixeira, 2025).

Figura 10 – Teodolito última geração



Fonte: Instituto Brasileiro de Topografia (2025).

4.2 SISTEMA DE MASSA-MOLA

Robert Hooke (1635-1703) (Figura 11), natural da Ilha de *Wight* (Inglaterra), foi uma das mentes mais brilhantes do século XVII, com contribuições seminais que atravessaram a física, a biologia, a geologia, a meteorologia, a astrologia e a engenharia. Graduado pela Universidade de *Oxford* e membro da prestigiada *Royal Society* de Londres desde 1662, *Hooke* destacou-se por sua notável capacidade inventiva e experimental, fazendo diversas descobertas e invenções que moldaram profundamente a ciência da época (Moreira, 2005).

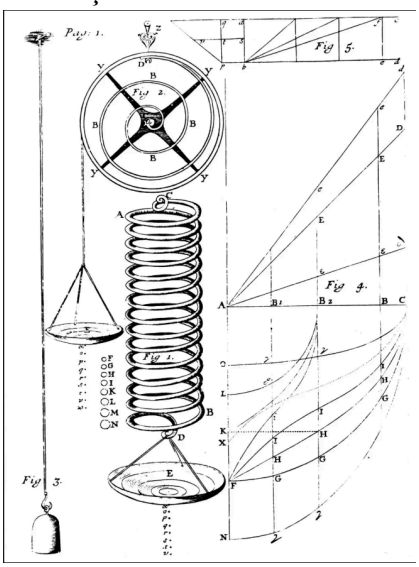
Figura 11 – *Robert Hooke*



Fonte: Christ Church Gallery (2009).

A Lei de *Hooke*, foi formalmente apresentada em 1678 e até os dias atuais continua sendo um princípio bastante utilizado no estudo do comportamento de sistemas elásticos (Moreira, 2005). Com vasta aplicação em áreas como engenharia estrutural e desenvolvimento de instrumentos de medição.

Figura 12 – Ilustração da Lei da Elasticidade por Hooke



Fonte: Robert Hooke's *Lectures de Potentia Restitutiva* (1678)

A Lei de *Hooke* é um princípio fundamental da física que estabelece a relação entre a força aplicada a uma mola e a deformação que ela sofre. De acordo com essa lei, a força elástica necessária para alongar ou comprimir uma mola, fixada em um anteparo, é diretamente proporcional à magnitude da deformação (Melnyk, 2017).

$$F_e = k \cdot \Delta l \tag{1}$$

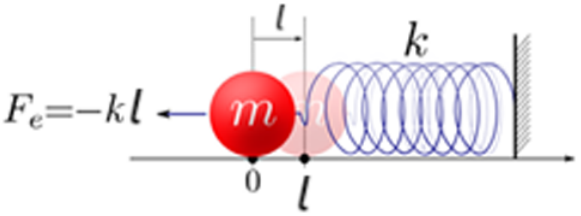
onde:

- F_e é a força aplicada à mola;
- k representa a constante de elasticidade da mola, uma medida de sua rigidez (molas com valores de k maiores são mais rígidas);
- Δl indica a deformação da mola, ou seja, a diferença entre seu comprimento final e seu comprimento inicial de equilíbrio.

É importante destacar que a validade da Lei de *Hooke* está restrita ao limite elástico do material. Dentro desse limite, a mola é capaz de retornar à sua forma original após a remoção da força. Caso a deformação exceda esse ponto, a mola pode não recuperar totalmente sua forma, e a Lei de *Hooke* deixa de ser aplicável. Em muitas análises, especialmente em sistemas oscilatórios, emprega-se a forma $F = -k.\Delta l$ para denotar a força

restauradora exercida pela mola (Viana, 2023). O sinal negativo nessa expressão indica que a força da mola age sempre no sentido oposto à deformação, buscando restaurar o equilíbrio.

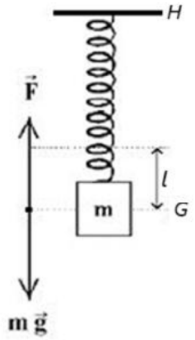
Figura 13 – Lei de *Hooke*



Fonte: Universidade Federal de São Carlos (s.d.).

Para a pesquisa, optou-se por trabalhar com o sistema massa-mola vertical, que obedece ao mesmo princípio, porém as forças atuantes no arranjo são a força-peso, a força elástica e a aceleração da gravidade (g). Na figura 14, apresenta-se a ilustração do sistema massa-mola vertical em equilíbrio.

Figura 14 – Sistema Massa-Mola Vertical, em equilíbrio.



Fonte: Melnyk et al, (2017).

Segundo Freeman Jr (2008) as molas que possuem um alto nível de flexibilidade (deformações) e resistência, podem ser classificadas de acordo com seu comportamento sob carregamento, em lineares e não-lineares.

Nascimento (2016) por sua vez, explica que a constante elástica (k), quantifica a rigidez de um material, enquanto a deformação elástica representa a mudança reversível em sua forma ou tamanho, englobando tanto o alongamento, quanto a compressão elástica.

Tais conceitos estão ligados intrinsecamente à Lei de *Hooke*, que descreve o comportamento linear de materiais elásticos sob pequenas deformações.

Pode-se perceber que a Lei de *Hooke* está presente em quase tudo que envolve amortecimento, medição de peso, segurança estrutural e biomecânica. No cotidiano, essa lei manifesta-se nos sistemas de suspensão veicular - em que as molas e os amortecedores são

projetados de acordo com a carga do veículo -, na calibração de dinamômetros, sensores de pressão mecânicos, teclados mecânicos e até mesmo em próteses de membros. Esses são alguns exemplos de aplicabilidade desta Lei.

4.3 PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

De acordo com o calendário juliano, *Isaac Newton* (figura 15), nasceu no dia 25 de dezembro de 1642, em *Woolsthorpe*, perto da pequena aldeia *Colsterworth*, em *Lincolnshire* – Inglaterra (Brennan,2003, pg 25). *Newton* tem duas datas de nascimento devido aos calendários utilizados na região onde morava na época, no calendário gregoriano, a sua data de nascimento passa a ser em 04 de janeiro de 1643. Data utilizada nos dias atuais.

Figura 15 – *Isaac Newton*



Fonte: National Portrait Gallery (s.d.).

Newton nasceu prematuro, filho de *Hannah Ayscough Newton* e *Isaac Newton*, ficou órfão de seu pai três meses antes de seu nascimento e faleceu no início de outubro de 1642, 6 meses após seu casamento, deixando a viúva grávida. Foi registrado com o nome de seu pai (Brennan,2003, pg 25).

Richard S. Westfaal aborda em seu livro uma conversa que *John Conduitt* teve com *Newton* sobre o seu nascimento

> Sir. I. N. contou-me terem-lhe dito que, quando nasceu, ele era tão pequeno que podia ser colocado numa vasilha pequena, e tão fraco que era forçado a ficar com uma almofada enrolada no pescoço para mantê-lo ereto sobre os ombros, e com tão pouca probabilidade de viver que, quando duas criadas foram enviadas à casa de Lady Pakenham, em North Witham, para buscar alguma coisa para ele, as duas sentaram-se nos degraus de uma cerca no caminho e disseram não haver motivo de

> pressa, pois tinham certeza de que o menino estaria morto antes que conseguissem voltar (Westfall, 1993, p. 18).

Newton morava no quarto que ocupava no sótão da casa do Sr. *Clark*, sempre foi focado em suas descobertas, seu quarto era cheio de ferramentas e de suas invenções. Uma de suas primeiras invenções foi um moinho de vento movido por camundongos (Brennan,2003, pg 29).

> Também fez para si um pequeno veículo, um carrinho com quatro rodas acionadas por uma manivela, que ele girava ao se sentar. Fez uma lanterna de "papel ondulado" para iluminar seu trajeto para a escola nas escuras manhãs de inverno. A lanterna, que ele podia simplesmente dobrar e colocar no bolso durante o dia, tinha outras possibilidades; presa à cauda de uma pipa à noite, ela "assustou extraordinariamente todos os moradores da vizinhança por algum tempo e causou um bocado de falatório nos dias de feira, entre a gente do campo debruçada sobre seus canecos de cerveja". Por sorte, Grantham não foi arrasada por um incêndio (Westfall, 1993, p. 23).

Iniciou a sua carreira científica em 1664. Quando muitos dos matemáticos e dos filósofos naturais da Europa nem imaginam a existência de Isaac *Newton*. E, para quem o conhecia, ele era um enigma. A Matemática dominou a atenção de *Newton*, vindo a atribuir a expansão do binômio ao inverno entre 1664 – 1665 (Brennan,2003, pg 33).

Cambridge fechou as portas em 1665, ficando deserta durante oito anos, a Inglaterra sofreu uma calamidade com a praga de pestilência. Durante oito anos, a universidade ficou deserta. Durante as suspensões das aulas presenciais da universidade, *Newton* dedicou praticamente todo seu tempo aos seus estudos (Brennan,2003, pg 35).

A história de que a ideia da gravitação universal foi sugerida a Newton, durante os tempos da peste, pela queda de uma maçã parece verdadeira (Brennan,2003, pg 36).

Segundo Westfaall (1993), *Newton* voltou a mencionar os tempos da peste logo após 50 anos.

> E, no mesmo ano, comecei a pensar na gravidade como se estendendo até a órbita da Lua e (depois de descobrir como calcular a força com que [um] globo girando dentro de uma esfera pressiona a superfície da esfera), a partir da regra de Kepler de que os períodos dos planetas estão numa proporção se quiáltera com suas distâncias do centro de suas órbitas, deduzi que as forças que mantêm os planetas em suas órbitas devem [variar], reciprocamente, como o quadrado de sua distância do centro em torno do qual eles giram: e a partir disso, comparei a força necessária para manter a Lua em sua órbita com a força da gravidade na superfície da Terra, e descobri que elas se correspondem bem de perto. Tudo isso foi nos dois anos da peste, 1665-1666. Pois, nessa época, eu estava no auge de minha fase de invenção e me interessava mais pela matemática e pela filosofia do que em qualquer ocasião posterior (Westfall, 1993, p. 39).

Em 1679, com a morte de sua mãe, *Newton* entrou em seus "anos de silêncio" aprofundando-se mais ainda os estudos em Teologia e Alquimia. Em 1684, *Newton* teve a

visita de *Edmond Halley,* conversaram sobre as Lei de *Kepler* e *Halley* mostrava muito interesse sobre a mecânica celeste (Brennan,2003, pg 43).

Em 1686 *Newton* retornou a *Cambridge*, dedicou-se a escrever sua principal obra ***Philosophie naturalis principia mathematica***, em que *Halley* o incentivou e financiou o lançamento de seu livro. Sua obra teve muita repercussão na Grã Bretanha, Escócia e Europa. Muitos autores admiravam a sua obra, mas alguns discordavam, como *Christiaan Huygens* e *Gottfried Wilherlm Leibniz*. Eles recusaram aceitar algumas partes que eram abordadas em seus livros (Brennan,2003, pg 46).

Em relação às Leis de *Newton*, a Primeira Lei, popularmente conhecida como Lei da Inércia, estabelece que, quando a força resultante sobre um corpo é nula, o estado deste corpo não se altera. A Segunda Lei, denominada Princípio Fundamental da Dinâmica, se refere quando uma força resultante não nula é aplicada em um corpo, fazendo com que esse corpo sofra uma aceleração. A Terceira Lei, designada como Lei da Ação e Reação, descreve a relação entre as forças de interação que um corpo exerce sobre outro corpo.

A pesquisa centrou-se na Segunda Lei, ou seja, buscou-se demonstrar aos estudantes a aplicação do Princípio Fundamental da Dinâmica. De acordo com a Segunda Lei de *Newton*, a força resultante que age sobre um corpo é igual ao produto da massa pela aceleração. Obtendo-se a (Equação 2).

$$\vec{F} = \vec{m}.\vec{a} \tag{2}$$

Onde,

m é o coeficiente de inércia, ou seja, é a massa do corpo e,

a aceleração.

Considerando que várias forças podem agir ao mesmo tempo sobre um corpo, temos a força resultante com a (Equação 3).

$$\vec{Fr} = \vec{F1} + \vec{F2} + \ldots + \vec{Fn} = m.\vec{a} \tag{3}$$

Cabe destacar quatro aspectos na segunda lei. Primeiro, trata-se de uma equação vetorial. Segundo, a lei se refere às forças externas. Terceiro, a lei é válida somente quando a massa é constante. Quarto, a lei só tem validade no sistema referencial inercial. Portanto, sem validade para nenhum dos corpos acelerados.

5 CONSTRUÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO

Neste capítulo, descreve-se o procedimento de construção dos materiais didáticos empregados na realização dos experimentos. Inicialmente, exibe-se cada recurso em seus componentes individualizados; posteriormente, demonstra-se o conjunto totalmente montado, pronto para aplicação pedagógica.

Cordovil e Vaz (2024) discutem como a metodologia maker pode oportunizar a criatividade e a aprendizagem ativa por meio da construção de dispositivos e experimentação. Quando os estudantes constroem seus próprios materiais didáticos, não aprendem apenas os princípios matemáticos e físicos por trás deles, mas também adquirem habilidades práticas e experimentais.

Silva(2021) relata que muitas vezes a matemática é vista como uma disciplina puramente abstrata, e que nada tem a ver com o nosso cotidiano. Assim, quando o professor junto com os seus estudantes faz uso de material concreto estão rompendo essa ideia perpetuada ao longo dos tempos.

5.1 CONSTRUÇÃO DO TEODOLITO

A utilização de um teodolito de baixo custo foi planejada como estratégia para articular os conceitos trigonométricos a uma situação de medição indireta, permitindo aos estudantes relacionar os procedimentos matemáticos com a atividade prática.

As atividades práticas de construção e uso do teodolito oportunizam aos estudantes a exploração de propriedades do triângulo retângulo e de relações trigonométricas. Quando articuladas à mediação docente e à resolução de problemas, essas atividades podem favorecer uma aprendizagem mais contextualizada.

Existem diversas maneiras de se construir um teodolito, a pesquisa optou pela construção de um teodolito simples, de fácil manuseio e que permitisse a cada estudante dispusesse de seu próprio instrumento. Os materiais para a construção deste material didático compreendem apenas um transferidor de meia volta, uma linha de anzol, uma borracha, um canudo e uma fita crepe, conforme ilustrado na Figura 16. Cabe destacar que a linha de anzol, pela sua característica, ficou quase imperceptível nas fotografias apresentadas.

Figura 16 – Material para construção do teodolito caseiro



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Os custos finais para construção deste material didático foram de R$ 4,32 (quatro reais e trinta e dois centavos), detalhados item a item conforme **tabela 2** abaixo:

Tabela 2 - Orçamento do Teodolito

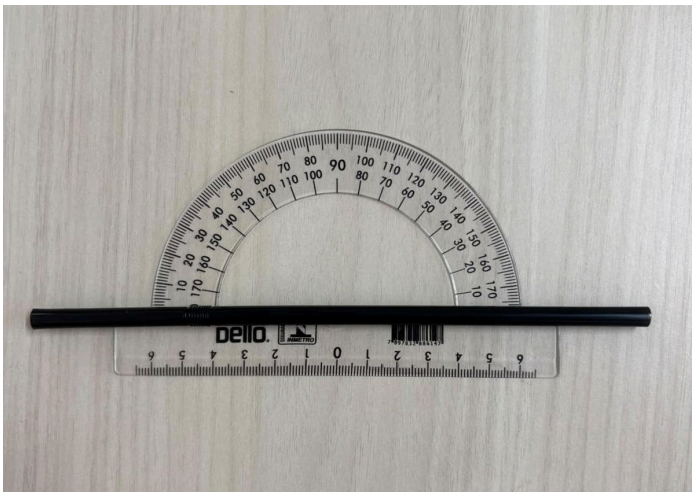
Item	**Valor**
Transferidor	R$ 3,35
Borracha (30mmx20mmx8mm)	R$ 0,75
Canudo (200mm)	R$ 0,08
Linha de anzol (1000mm)	R$ 0,14
Total	R$ 4,32

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A fita crepe não foi adicionada à tabela, porque na verdade para a construção deste material didático, pode ser utilizado qualquer tipo de fita adesiva. Já o canudo também poderia ser um objeto facilmente encontrado como produto reciclado, mas optou-se por incluí-lo dividindo o seu valor total de compra R$ 8,20 (Oito reais e vinte centavos), pela quantidade de 100 (cem) canudos no pacote, ficando o preço unitário de R$ 0,08 (oito centavos). Para estimar também o preço do metro da linha de anzol, também optou-se por dividir R$ 13,50 (Treze reais e cinquenta centavos) por 100(cem) metros, que era o tamanho de um carretel. Este produto também é substituível por qualquer tipo de linha, localizado facilmente em casa.

Os estudantes foram orientados a fixar o canudo horizontalmente, alinhando-o às marcações de 0° e 180° do transferidor, conforme a Figura 17.

Figura 17 – Alinhamento do canudo ao transferidor



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Na Figura 18, apresenta-se o material didático montado e pronto para uso. O processo de confecção despertou notável engajamento nos estudantes, que personalizaram seus respectivos teodolitos com identificações nominais e grafismos. Após a montagem e previamente à aplicação em campo, os estudantes foram orientados sobre o manuseio do instrumento, a fim de minimizar dúvidas durante a realização do experimento.

Figura 18 – Teodolito caseiro pronto para utilização



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Para evitar que a borracha utilizada como pêndulo se soltasse durante as medições devido a um nó malfeito, realizou-se um pequeno furo em seu centro, permitindo uma amarração mais firme. Concluídos esses procedimentos, o material didático estava pronto para uso.

5.2 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE MASSA-MOLA

A utilização de um sistema de massa-mola possibilita uma abordagem prática e contextualizada quanto à validade da Lei de *Hooke*, o que permite ao estudante associar teoria e prática, integrando entre a Física e a Matemática. As atividades práticas de construção e aplicação desse sistema oportunizam aos estudantes a exploração ativa dos conceitos relativos à constante elástica, bem como a verificação da relação linear entre a elongação da mola e a força aplicada, tornando a aprendizagem mais significativa e interdisciplinar.

Para a construção do sistema de massa-mola, optou-se pela utilização de materiais facilmente encontrados em canteiros de obras, o que reduz expressivamente os custos de confecção do recurso. No mercado especializado, esse equipamento é comercializado por valores a partir de R$ 300,00 (trezentos reais), podendo ultrapassar R$ 1.000,00 (Mil reais), cifra que, para muitas instituições públicas de ensino, inviabiliza sua aquisição.

Na Figura 19, apresentam-se todos os componentes do sistema individualizados. Para a confecção da estrutura de suporte, empregou-se um caibro com comprimento total de 230 cm, seccionado em duas peças de 70 cm, duas de 25 cm e duas de 20 cm. Além dessas, utilizaram-se de 1(uma) ripa de 20 cm, um pedaço de compensado qualquer com medidas de 14 cm x 20 cm, oito parafusos de 6 cm, mais dois parafusos de 1cm e três ganchos de 6 cm do tipo pitão aberto.

Figura 19 – Material para construção do sistema massa-mola



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Já na Figura 20, observa-se o material didático do sistema massa-mola totalmente montado e apto para utilização nos experimentos. Cabe ressaltar que, entre os experimentos realizados, este foi o que apresentou maior engajamento por parte dos estudantes. Para otimizar a visualização do comportamento do sistema e assegurar a organização do ambiente, a turma foi dividida em três grupos.

Figura 20 – Material didático para sistema massa-mola



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

O custo final estimado para a construção deste material didático, considerando que nenhum insumo seja reaproveitado, foi de R$ 20,48 (Vinte reais e quarenta e oito centavos), conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Orçamento sistema massa-mola

Item	**Quantidade**	**Valor**
Caibro	2,30 metros	R$ 11,73
Ganchos	3 unidades	R$ 0,81
Parafusos 6cm	8 unidades	R$ 1,36
Parafusos 1cm	2 unidades	R$ 0,28
Compensando	1 (14 cm x 20 cm)	R$ 1,20
Trena	1 unidade	R$ 5,10
Total		R$ 20,48

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Ressalta-se que o objetivo do projeto é minimizar os custos de confecção do material didático. Portanto, considerando que os caibros e o pedaço de compensado para este experimento, foram adquiridos a partir de sobras de construção, e que a trena utilizada já estava disponível, (podendo também ser empregada uma régua escolar de 30 cm), o seu custo final foi de R$2,45 (Dois reais e quarenta e cinco centavos).

Diferentemente do experimento com o Teodolito, no qual cada estudante confeccionou o próprio recurso didático, no experimento com o sistema massa-mola construiu-se apenas um exemplar, em razão de suas dimensões e da maior complexidade na sua construção.

5.3 CONSTRUÇÃO PARA O PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

Dentre os três materiais didáticos confeccionados para a realização dos experimentos, este se apresentou como o de construção mais simples. Optou-se pela utilização de um metro de cano de Policloreto de Vinila (PVC) de 100mm; contudo, o diâmetro do cano pode variar em função do objeto empregado, — que, no caso desta pesquisa, consistiu em um veículo em miniatura com 7,5 cm de comprimento. O cano foi seccionado em dois segmentos: um de 30 cm e outro de 70 cm. Para a finalização do recurso, utilizaram-se 12 cm de ripa e um parafuso de 1 cm, insumos representados na Figura 21.

Figura 21 – Material para experimento da 2ª Lei de *Newton*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A utilização do segmento de ripa teve como objetivo exclusivo conferir estabilidade ao sistema, impedindo o deslocamento do cano de PVC durante as medições. Essa base também

ajuda quando é necessário aumentar o ângulo de inclinação, podendo ser colocado qualquer objeto para apoio. Já a finalidade para a utilização do cano de PVC justifica-se por garantir, durante a realização do experimento, que o carrinho não saia da trajetória, além de permitir marcações com canetas apagáveis, o que evita rasuras ou danos ao mobiliário escolar.

Na Figura 22, observa-se o material didático voltado à aplicação do Princípio Fundamental da Dinâmica, devidamente montado e apto para utilização nos experimentos.

Figura 22 – Material didático montado para experimento da 2ª Lei de *Newton*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

À semelhança dos materiais anteriores, a estrutura foi confeccionada com reaproveitamento de sobras de construção. O veículo em miniatura, por sua vez, foi disponibilizado sem custos a partir do acervo pessoal do pesquisador, o que zerou o custo efetivo da montagem. Todavia, a Tabela 4 apresenta a estimativa orçamentária para a aquisição integral dos insumos desse sistema.

Tabela 4 - Orçamento experimento do Princípio Fundamental da Dinâmica

Item	**Quantidade**	**Valor**
Cano PVC 100mm	1 metro	R$ 9,95
Parafuso 1 cm	1 unidade	R$ 0,14
Carrinho	1 unidade	R$ 11,90
Trena	1 unidade	R$ 5,10
Total		R$ 27,09

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

O carrinho de brinquedo utilizado no experimento pertence à marca *Hot Wheels*. Essa escolha justifica-se pelo fato de esse modelo ser construído com os eixos de fios finos de aço, o que reduz significativamente o atrito mecânico. A diminuição dessa força externa contribui

para o experimento obter dados mais fidedignos. Portanto, o valor cotado na Tabela 4 reflete o preço médio praticado no mercado.

A exemplo das etapas anteriores, confeccionou-se apenas um dispositivo didático para a realização da prática experimental. No entanto, os estudantes constataram a facilidade de obtenção dos insumos e a simplicidade de sua montagem, o que evidencia a reprodutibilidade do experimento.

6 APLICAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

O trabalho iniciou-se com um encontro preparatório, no qual se apresentaram as etapas do projeto, a metodologia dos experimentos e os documentos necessários para a formalização da pesquisa. Como recursos didático-pedagógicos, utilizaram-se projetor multimídia, quadro branco, pincel e apagador. Esse momento inicial permitiu sanar as dúvidas dos estudantes e pactuar a dinâmica de trabalho dos encontros subsequentes.

A turma era composta por trinta e dois estudantes matriculados. Destes, apenas uma discente não participou da pesquisa por estar em licença-maternidade com regime de atividades domiciliares, e quatro estavam ausentes na primeira sessão. Dessa forma, vinte e sete estavam presentes no encontro inicial e assentiram em realizar a avaliação diagnóstica, o que representa, excluindo a discente afastada, 87% dos estudantes participantes da pesquisa.

Figura 23 – Encontro inicial



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Ao final da apresentação do projeto, no mesmo encontro, aplicou-se uma avaliação diagnóstica (Apêndice A) com o intuito de verificar o nível de familiaridade dos estudantes com os temas a serem abordados na intervenção. Salienta-se que a atividade não possuía caráter somativo ou punitivo; além disso, orientou-se a turma a não inserir qualquer marcação que permitisse a sua identificação, garantindo assim o anonimato das respostas.

A aplicação do instrumento não visou apenas à obtenção de respostas corretas ou incorretas, mas sobretudo à identificação de indícios de como os conhecimentos prévios desenvolvidos pelos estudantes ao longo de sua trajetória escolar estavam consolidados. As

informações obtidas serviram de subsídio para orientar o planejamento e a abordagem pedagógica dos encontros subsequentes.

Essa estratégia diagnóstica revela-se fundamental para o planejamento pedagógico, pois possibilita ao docente mapear as lacunas de aprendizagem que requerem intervenção antes da introdução de conceitos mais complexos. Ademais, essa abordagem alinha-se aos princípios de valorização do protagonismo estudantil e de adequação do ensino às necessidades detectadas no grupo.

Os resultados obtidos ao longo da pesquisa forneceram subsídios consistentes para a articulação entre a prática experimental e os aportes teóricos que fundamentam o estudo. A análise apresentada a seguir evidencia tais conexões, destacando suas implicações e aprofundando a compreensão acerca dos fenômenos investigados, bem como das eventuais divergências encontradas entre a teoria e a prática.

> A prática pedagógica experimental trata-se de uma ferramenta de metodologia essencial para o processo ensino e aprendizagem. Diante disso, a utilização de experimentos no contexto educacional que explicam estes fenômenos associando–os com os do cotidiano dos estudantes tornando a aula mais interativa e atrativa, com ênfase na educação científica (Oliveira, 2022, p. 26).

6.1 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO COM O TEODOLITO

No segundo encontro, estruturado em três aulas, retomaram-se o contexto histórico e os conceitos teóricos necessários. Em seguida, os estudantes construíram os teodolitos, realizaram a atividade de campo e iniciaram os cálculos correspondentes. Estiveram presentes 25 dos 31 alunos que haviam assentido em participar do estudo, o que corresponde a uma taxa de adesão de 80,6%.

Cabe destacar que, no primeiro encontro, os estudantes foram informados sobre todas as diretrizes do estudo, inclusive quanto à prerrogativa de desistência da participação a qualquer momento. Nenhum participante manifestou intenção de desistir e, por não se enquadrar nos objetivos do trabalho, os motivos das ausências pontuais observadas nas sessões não foram investigados.

Para a utilização do Teodolito, observou-se a princípio uma certa dificuldade no estudante em entender conceitos simples de tangente, hipotenusa e cateto. A natureza abstrata dos conceitos trigonométricos acabam sendo barreira significativa para os estudantes. Brito e Morey (2004), afirmam que:

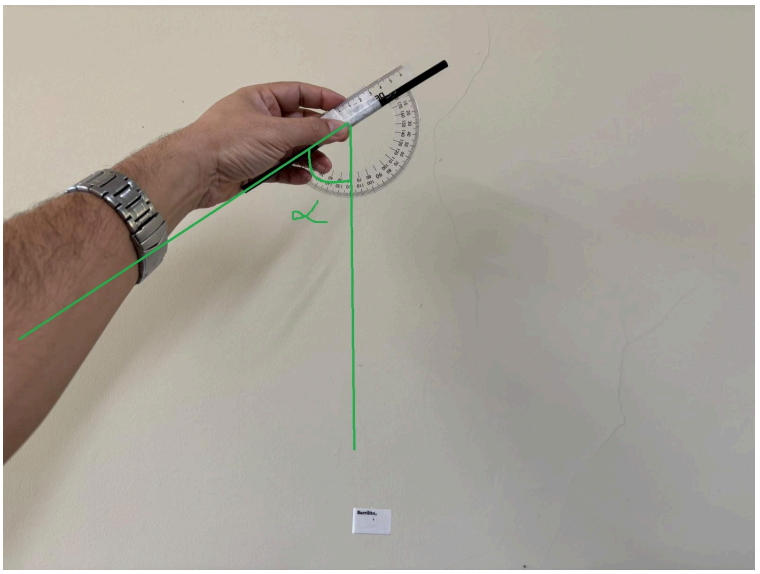
> […] podemos afirmar que as dificuldades dos professores em trigonometria estão intimamente relacionadas à formação escolar das décadas de 70 e 80, caracterizada,

> entre outros aspectos, pelo descaso para com a trigonometria; pela formalização precoce de conceitos geométricos e trigonométricos presente nos livros didáticos e pela memorização de procedimentos sem a compreensão deles.(Brito; Morey, 2004)

Oliveira (2024) afirma que, as dificuldades no aprendizado da matemática, e em especial da trigonometria, podem ser compreendidas a partir de uma análise histórica da evolução da disciplina e das abordagens pedagógicas utilizadas ao longo do tempo. Os métodos tradicionais e repetitivos no ensino da matemática contribuíram bastante para a manutenção destas dificuldades, tais métodos não estabelecem conexões entre os conceitos ensinados e situações reais.

As dúvidas foram esclarecidas durante o encontro dedicado à explicação do experimento. Cabe destacar que o principal questionamento dos estudantes dizia respeito ao ângulo que seria obtido durante a observação, o qual foi esclarecido conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 24 – Ângulo obtido com a utilização do teodolito



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Durante esse encontro, observou-se a necessidade de prestar maiores esclarecimentos referentes aos dados a serem obtidos. Dessa forma, construiu-se com a turma o Quadro 1, apresentado a seguir, o que facilitou a assimilação do significado de cada grandeza por parte dos estudantes.

Por meio desse quadro, observa-se que, na primeira coluna, o estudante anotava sua altura, previamente medida em sala de aula. Na segunda coluna, registrava-se a distância entre o ponto de observação e a base da caixa-d'água. Para essa localização, foram demarcados três pontos: 19,82 metros, 16,68 metros e 16,51 metros. Na terceira coluna, o estudante anotava o

ângulo encontrado com o auxílio do teodolito caseiro por ele construído. Na quarta coluna, registrava o ângulo complementar ao valor obtido. Por fim, nas quinta e sexta colunas, inseria a tangente desse ângulo, calculada conforme o Apêndice B.

Quadro 1 - Dados para cálculo com o Teodolito

Altura do observador (a)	**Distância (d)**	**Ângulo ($\propto$)**	**Complementar ($\beta = 90° - \alpha$)**	**Tangente ($\propto$)**	**Tangente ($\beta = 90° - \alpha$)**
Cálculo 1: Cálculo 2:					

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A inclusão do ângulo complementar justificou-se pelo intuito de promover a compreensão conceitual desse elemento, a aplicação do teorema da soma dos ângulos internos de um triângulo e o reconhecimento da propriedade segundo a qual o seno de um ângulo é igual ao cosseno de seu complementar, e vice-versa. Essa abordagem favoreceu o engajamento dos discentes, que puderam constatar a consistência lógica do processo por meio da autoverificação entre os cálculos.

Se α representa o ângulo indicado pelo fio de prumo em relação à vertical do transferidor, definiu-se $\beta = 90° - \alpha$ como o ângulo de elevação em relação à horizontal. Assim, a altura acima do nível dos olhos pode ser calculada tanto por $d/\tan(\alpha)$ quanto por $d \cdot \tan(\beta)$, pois $\tan(\beta) = \cot(\alpha)$.

No mesmo encontro, disponibilizou-se a cada discente uma tabela adaptada (Apêndice B) contendo as razões trigonométricas (seno, cosseno e tangente) para os ângulos previstos nas observações, visando subsidiar a etapa de cálculos.

Considerando que grande parte dos estudantes desconhecia sua altura exata, disponibilizou-se, mediante autorização da gestão escolar, uma balança antropométrica

equipada com estadiômetro, pertencente ao laboratório do curso Técnico em Enfermagem da própria instituição. Essa etapa inicial promoveu o engajamento da turma (Figura 25) e evidenciou aos discentes a relevância da obtenção de dados empíricos fidedignos para o rigor dos experimentos.

Figura 25 – Medindo a altura dos estudantes



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Foram registradas as alturas de todos os estudantes presentes, variando de 1,51 m a 1,84 m, o que corresponde a uma amplitude total de 0,33 m (33 cm). A Tabela 5 apresenta a distribuição de frequências desses dados.

Tabela 5 - Altura dos estudantes pesquisados

Intervalo de Classe	Frequência Absoluta	Frequência Relativa
1,50 ⊢ 1,55	3	12%
1,55 ⊢ 1,60	6	24%
1,60 ⊢ 1,65	8	32%
1,65 ⊢ 1,70	5	20%
1,70 ⊢ 1,75	1	4%
1,75 ⊢ 1,80	1	4%
1,80 ⊢ 1,85	1	4%
Total	25	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Após a etapa em sala de aula, destinada à exposição das relações trigonométricas e ao resgate histórico do teodolito, realizou-se a atividade de campo. Escolheu-se como objeto inacessível para as medições a caixa-d'água da instituição (Figura 26). Situada nas proximidades da residência estudantil, a estrutura possui elevada dimensão vertical, o que a

torna visível de praticamente todos os pontos internos do *campus*, bem como de algumas áreas do seu entorno.

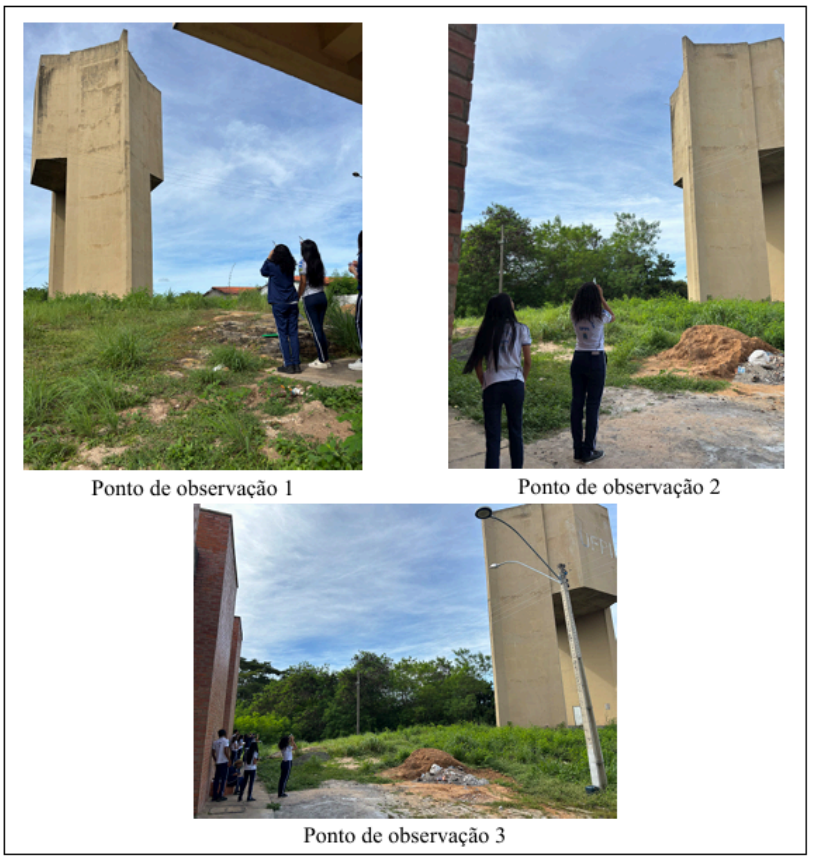
Figura 26 – Caixa d'água do *Campus* Almícar Ferreira Sobral



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Para a realização das medições, a turma foi dividida em três grupos, alocados em três pontos de observação distintos. As distâncias aferidas entre a base da caixa-d'água e esses locais foram de 16,51 m, 16,68 m e 19,82 m, respectivamente. A Figura 27 ilustra o posicionamento dos estudantes durante a atividade de campo.

Figura 27 – Pontos de observações



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Por conta do posicionamento do sol, o experimento foi realizado no turno da manhã, para que os estudantes não ficassem sob sol forte. Em frente à caixa d'água localiza-se a residência estudantil; por se tratar de uma edificação de dois pavimentos, sua sombra contribuiu para reduzir a exposição direta ao sol durante as observações.

Cada estudante aferiu o ângulo obtido em seu teodolito e registrou o valor no Quadro 1. Após a medição individual de todos os discentes nos respectivos pontos de observação, solicitou-se uma nova aferição angular, visando à validação e à confirmação dos dados coletados.

Concluídas as medições, os estudantes retornaram à sala de aula para o cálculo da altura da caixa-d'água, bem como para a análise e a discussão dos resultados obtidos.

6.2 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO SISTEMA MASSA-MOLA

No terceiro encontro, os estudantes foram introduzidos ao estudo do sistema massa-mola. Inicialmente, apresentou-se a contextualização histórica do tema e, em seguida, expuseram-se os materiais necessários para a construção do experimento. Neste encontro, novamente foram utilizadas três aulas do horário escolar e foi desenvolvido integralmente em sala de aula. Os estudantes participaram da montagem do sistema massa-mola, conforme ilustra a Figura 28. Estavam presentes 20 dos 31 discentes participantes da pesquisa, o que corresponde a uma frequência de 64,5% do grupo.

Figura 28 – Montagem do sistema massa-mola pelos estudantes



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Os pesos utilizados na execução do experimento consistiram em dois ganchos de rede (Figura 29). Para comprovar a equivalência de suas massas, realizou-se a aferição individual de cada gancho por meio de uma balança de precisão. A manipulação desses materiais concretos estimulou a curiosidade e o engajamento dos estudantes durante a atividade.

Figura 29 – Pesagem dos ganchos



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Devido à boa receptividade do quadro utilizado na atividade anterior, os discentes solicitaram uma estrutura semelhante para a sistematização dos novos dados, o que culminou na elaboração do Quadro 2.

Quadro 2 - Dados para cálculo do Sistema massa-mola

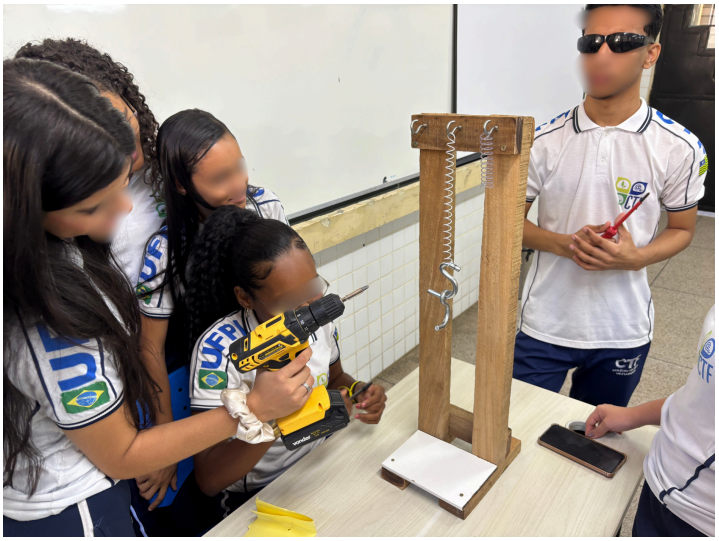
Mola 1: tamanho inicial ___ cm				
Nº de pesos (___ g)	L_f (tamanho final da mola em equilíbrio)	Δl (deformação da mola)	$F = m.g$ (adotando $g=9{,}8 m/s^2$)	K Constante elástica ($F/\Delta l$)
Cálculos:				

Mola 2: tamanho inicial ___ cm				
Nº de pesos (___ g)	L_f (tamanho final da mola em equilíbrio)	Δl (deformação da mola)	F = $m.g$ (adotando g=9,8m/s^2)	K Constante elástica (F/l)
Cálculos:				

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Novamente, para assegurar a organização da atividade, a turma foi dividida em grupos para a realização das observações. À medida que os ganchos eram acoplados à mola para a aferição da deformação, os estudantes registravam os dados no Quadro 2. Foram utilizadas duas molas distintas. Constatou-se que a primeira mola possuía comprimento inicial de 9 cm e diâmetro de 2 cm. Após a fixação do primeiro gancho, com massa de 81 g, a mola sofreu um deslocamento de 4 cm, atingindo o comprimento total de 13 cm. Ao acoplar o segundo gancho, de mesma massa (81 g), registrou-se um novo deslocamento de 4 cm, resultando em um comprimento final de 17 cm. Esse comportamento empírico comprovou que a deformação da mola (Δl), descrita na Equação (1), mantém-se proporcional.

Figura 30 – Observações do sistema massa-mola pelos estudantes



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A constância observada na deformação da mola despertou forte interesse nos estudantes, que prontamente requisitaram o teste com a segunda mola, cujo comprimento inicial era de 14 cm e o diâmetro, de 1,3 cm. Após a acoplagem do primeiro gancho, aferiu-se o comprimento total de 19 cm, o que levou os discentes a formularem a hipótese de uma variação constante de 5 cm. A confirmação dessa previsão na medição seguinte — na qual o segundo gancho expandiu o sistema para exatos 24 cm — gerou expressiva comoção pedagógica pela validação empírica do modelo teórico. Esse procedimento de aferição e registro repetiu-se em todos os grupos.

6.3 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO DO PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

No quarto encontro, os estudantes foram introduzidos ao Princípio Fundamental da Dinâmica. Inicialmente, apresentou-se a contextualização histórica do tópico e, em seguida, exibiram-se os materiais necessários para a montagem da atividade prática. Para essa etapa, desenvolvida integralmente em sala de aula, utilizaram-se três aulas do horário escolar. Estiveram presentes 25 dos 31 discentes participantes da pesquisa, o que representa uma taxa de frequência de 80,6%.

A Figura 31 ilustra os discentes durante o manuseio inicial dos recursos destinados à montagem do material didático para a realização do experimento referente ao Princípio Fundamental da Dinâmica.

Figura 31 – Estudantes conhecendo os materiais



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Instigados pelas atividades anteriores, os discentes demonstraram curiosidade quanto à aplicação prática desse experimento. Esclareceu-se que o princípio fundamental da dinâmica manifesta-se em diversas situações do cotidiano, das mais simples às mais complexas — a exemplo do ato de empurrar um carrinho de supermercado ou de deslocar móveis residenciais.

Ao empurrar um carrinho de supermercado vazio a partir de um mesmo ponto inicial, considerando a aplicação de uma força constante, obtém-se determinada aceleração. Contudo, à medida que a massa contida no carrinho aumenta, a aceleração — grandeza inversamente proporcional — diminui. Dessa forma, para manter a mesma taxa de variação de velocidade, faz-se necessária a aplicação de uma força de maior intensidade.

Os estudantes compreenderam intuitivamente que, quanto maior a massa de um objeto, maior é a intensidade da força necessária para alterá-lo do repouso ou cessar o seu movimento. Diferentemente dos experimentos anteriores, não se utilizou quadro de registro; o objetivo consistia em favorecer a apreensão qualitativa do princípio em sua dimensão mais ampla. Posteriormente, apresentou-se aos discentes o modelo matemático aplicável à determinação quantitativa das grandezas envolvidas, limitando-se os cálculos preliminares à análise direta da fórmula fundamental expressa na Equação (2).

A Figura 32 ilustra os discentes realizando as análises preliminares após a montagem do material didático. Em seguida, cada grupo, sob a orientação, deu início às suas aferições.

Figura 32 – Material didático montado



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Após a montagem, os estudantes foram orientados a elevar a inclinação da rampa com o auxílio de livros e cadernos. Formaram-se novamente equipes para viabilizar as observações e o registro dos dados. Cada grupo definiu a altura da rampa; em seguida, um discente liberava o carrinho a partir de um ponto pré-determinado, enquanto outro anotava a posição final de parada. Diversos grupos repetiram o lançamento a partir do mesmo ponto inicial a fim de comprovar as marcações efetuadas. Para o segundo teste, fixou-se uma sobrecarga ao carrinho com o auxílio de um elástico. Cada grupo empregou materiais diversos como massa adicional, a exemplo de borrachas, apontadores e outros pequenos objetos pessoais. Com o acréscimo de massa concluído, realizou-se um novo lançamento a partir do mesmo ponto inicial, registrando-se a nova posição de parada do veículo.

Cada grupo registrou as observações referentes a três lançamentos com massas distintas; em seguida, apresentou-se a toda a turma a síntese das percepções obtidas por cada equipe durante a realização do experimento.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresentam-se a análise e a discussão dos resultados obtidos. Inicialmente, realiza-se um exame detalhado, questão a questão, da avaliação diagnóstica; posteriormente, compara-se o desempenho da avaliação final - aplicada após a realização das atividades experimentais - com os dados iniciais da avaliação diagnóstica.

Por fim, apresentam-se os resultados obtidos e a respectiva discussão acerca de cada experimento realizado.

7.1 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

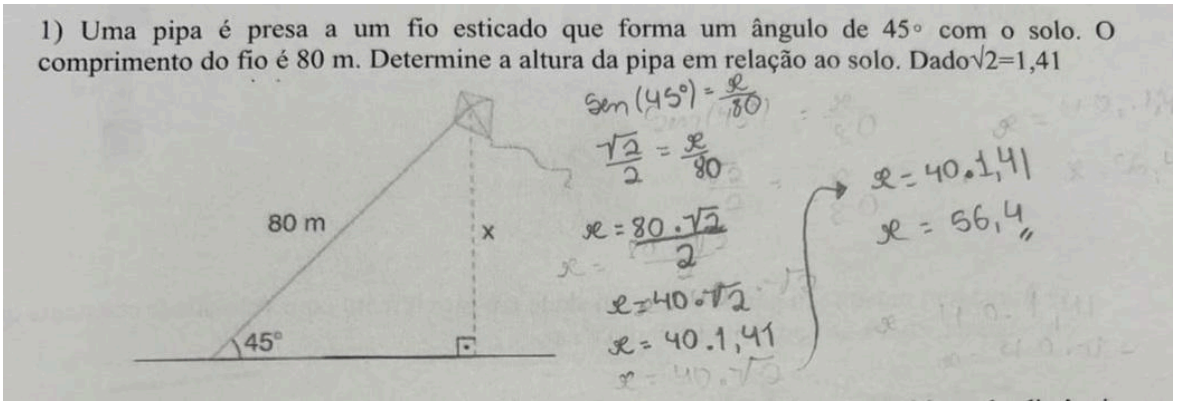
Os resultados da avaliação diagnóstica aplicada na etapa inicial reconfirmaram, conforme previsto na hipótese deste estudo, o desempenho insatisfatório da maioria dos estudantes, evidenciando defasagens conceituais na assimilação dos conteúdos previstos.

A avaliação diagnóstica foi constituída por seis questões: duas discursivas que exigiam resolução de cálculos; uma objetiva (de múltipla escolha), também acompanhada de cálculo; e as outras três de caráter essencialmente teórico.

7.1.1 Desempenho por questão

As questões 1 e 2 abordam diretamente a trigonometria. Em relação à questão 1, dos 27 estudantes que realizaram a avaliação diagnóstica, 6 (22%) acertaram o item, 14 (52%) apresentaram respostas incorretas e 7 (26%) deixaram a resolução em branco. A Figura 33 ilustra os registros de um estudante referentes à resolução correta dessa questão.

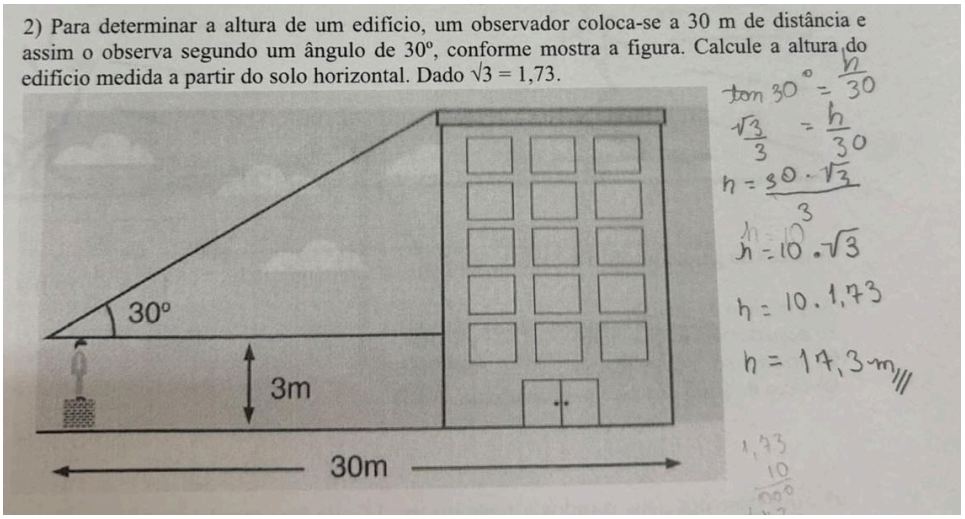
Figura 33 – Resolução do estudante da questão 01



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

No que tange à questão 02, dos 27 estudantes submetidos à avaliação diagnóstica, apenas 3 (11%) obtiveram o acerto integral. Em contrapartida, 8 alunos (30%) erraram a questão por completo, enquanto a maioria, totalizando 16 estudantes (59%), deixou a resposta inteiramente em branco. A Figura 34 ilustra os registros e anotações efetuados por um dos estudantes durante a resolução correta dessa questão.

Figura 34 – Resolução do estudante da questão 02

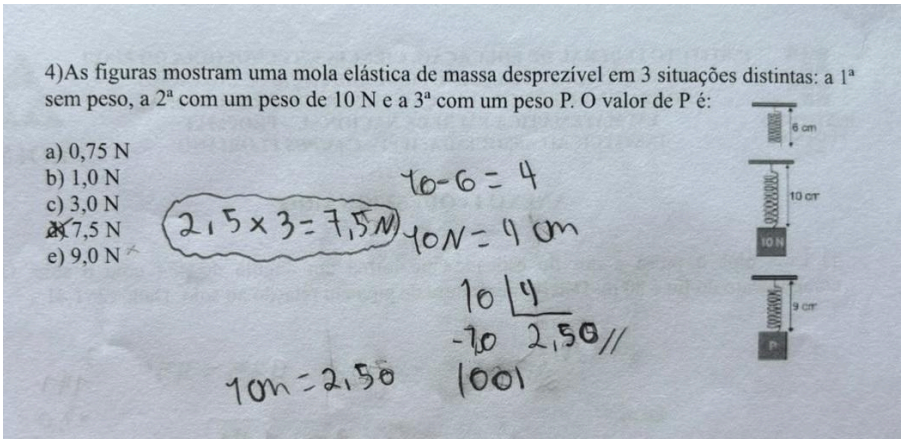


Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

As questões 3 e 4 abordaram o sistema massa-mola, ambas sob o formato objetivas (múltipla escolha). No tocante à questão 3, dos 27 discentes submetidos à avaliação diagnóstica, 2 (7%) optaram pela alternativa A, 4 (15%) pela B, 8 (30%) pela D e 3 (11%) abstiveram-se de assinalar qualquer opção, a despeito do formato do item. Apenas 10 participantes (37%) selecionaram a resposta correta (alternativa C). Em síntese, a maioria dos estudantes apresentou desempenho incorreto na questão.

Na questão 4, dos 27 discentes submetidos à avaliação diagnóstica, 2 (7%) optaram pela alternativa A, 2 (7%) pela B, 5 (19%) pela C e 7 (26%) pela E. Apenas 6 participantes (22%) selecionaram a resposta correta (alternativa D). Novamente, a despeito do formato objetivo da questão, verificou-se que 5 estudantes (19%) deixaram o item em branco. Cabe destacar que, nesse item, somente 3 estudantes efetuaram registros de cálculos; a Figura 35 ilustra uma dessas tentativas, enquanto os demais participantes restringiram-se a assinalar a alternativa.

Figura 35 – Resolução do estudante da questão 04



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

As questões 5 e 6 abordaram as Leis de *Newton* sob uma perspectiva estritamente teórica, no formato de múltipla escolha. Quanto à questão 5, todos os 27 discentes participantes assinalaram uma opção: 2 (7%) escolheram a alternativa correta (A), 2 (7%) optaram pela B, 9 (34%) pela C e 14 (52%) pela D. Em síntese, a expressiva maioria dos alunos incorreu em erro nesse item.

Por fim, na questão 6, dos 27 discentes que realizaram a avaliação diagnóstica, 16 (60%) assinalaram a alternativa B, 2 (7%) optaram pela C, 1 (4%) escolheu a D e 2 (7%) pela E. Apenas 6 participantes (22%) selecionaram a resposta correta (alternativa A). Constata-se, portanto, que a maioria dos estudantes demonstrou equívocos conceituais ao responder a este último item da avaliação.

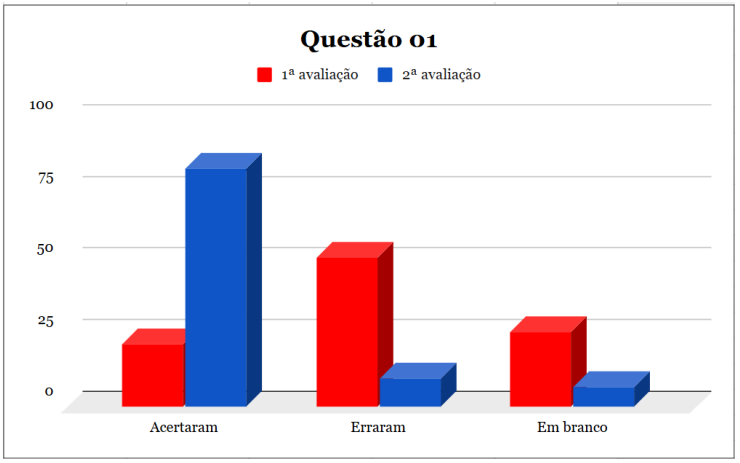
7.1.2 Comparação entre as avaliações

Após a realização de todas as atividades experimentais, ocorreu o quinto e último encontro com os estudantes participantes, no qual se aplicou a avaliação final — composta pelos mesmos itens da avaliação diagnóstica inicial. Os resultados demonstraram um avanço significativo no desempenho da maioria dos discentes. Para a realização desse encontro, utilizou-se apenas uma aula da grade horária escolar.

Os gráficos a seguir apresentam a comparação percentual entre as respostas fornecidas pelos discentes na avaliação diagnóstica inicial e aquelas obtidas na avaliação final, aplicada ao término das atividades experimentais. Destaca-se que esta etapa de pós-teste contou com a participação de 29 estudantes.

No Gráfico 1, observa-se que o índice de acertos na questão 1 saltou de 22% na avaliação diagnóstica para 83% na avaliação final. Em contrapartida, o percentual de erros registrou uma redução expressiva, caindo de 52% para 10%. Da mesma forma, a taxa de respostas em branco diminuiu de 26% para 7%, evidenciando a consolidação da aprendizagem referente a esse item.

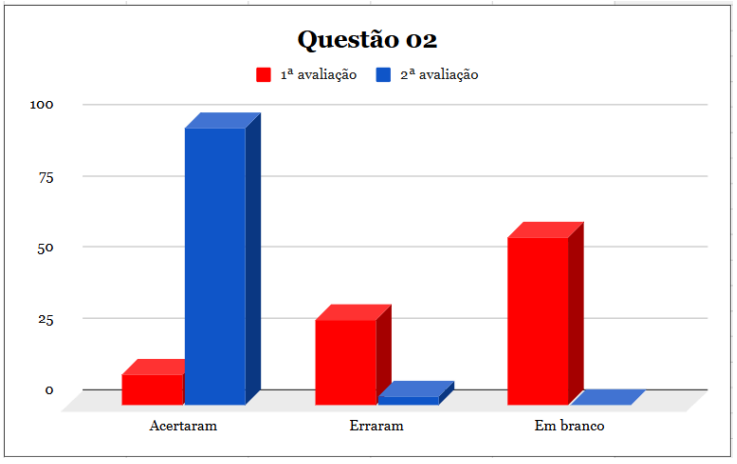
Gráfico 1 – Comparando questão 01



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

No Gráfico 2, em relação à primeira avaliação diagnóstica, observa-se que o índice de acertos na questão 2 evoluiu de 11% para 97% na avaliação final — um ganho superior ao registrado no item anterior. O percentual de erros reduziu-se de 30% para 3%, e nenhum estudante deixou a questão em branco (frente aos 59% iniciais). Esse expressivo índice de acertos atribui-se ao fato de o item guardar relação direta com a atividade prática realizada com o teodolito artesanal.

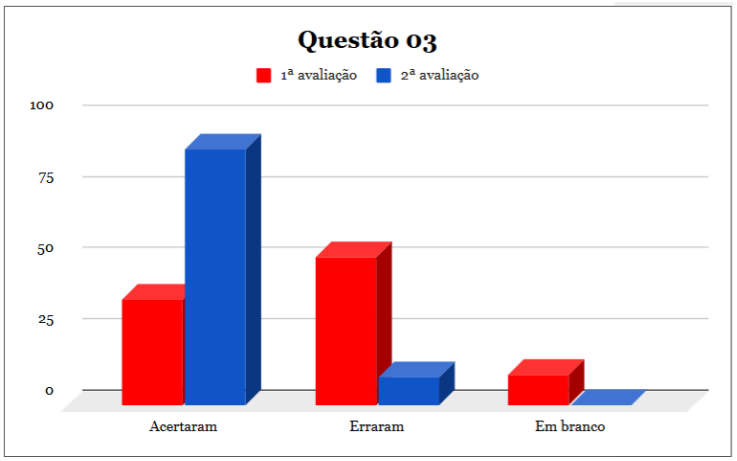
Gráfico 2 – Comparando questão 02



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

No Gráfico 3, verifica-se que o índice de acertos na questão 3 alcançou 90% dos estudantes na avaliação final, representando um avanço de 53 pontos percentuais em relação aos 37% registrados no diagnóstico inicial. Os erros e abstenções, que somavam 63% na primeira aplicação, reduziram-se a apenas 10% de respostas incorretas, não havendo nenhum registro de item em branco nesta etapa.

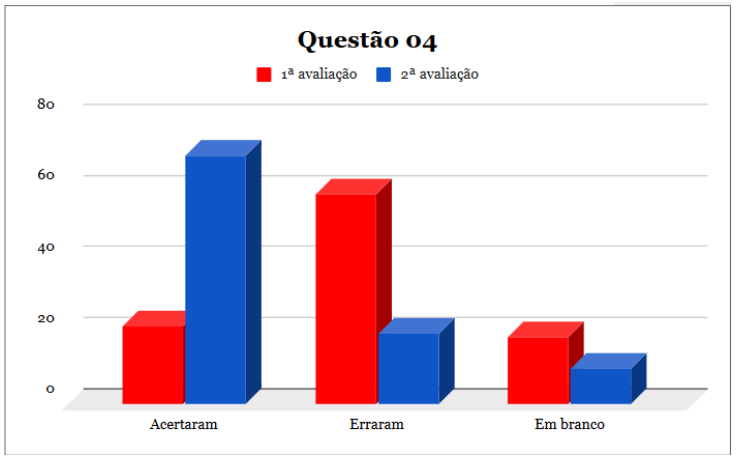
Gráfico 3 – Comparando questão 03



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Na questão 4, conforme ilustra o Gráfico 4, o índice de acertos alcançou 70% na avaliação final, o que representa um crescimento de 48 pontos percentuais em comparação aos 22% obtidos no diagnóstico inicial. O percentual de respostas incorretas reduziu-se para 20%, enquanto 10% dos participantes ainda deixaram o item sem resposta.

Gráfico 4 – Comparando questão 04

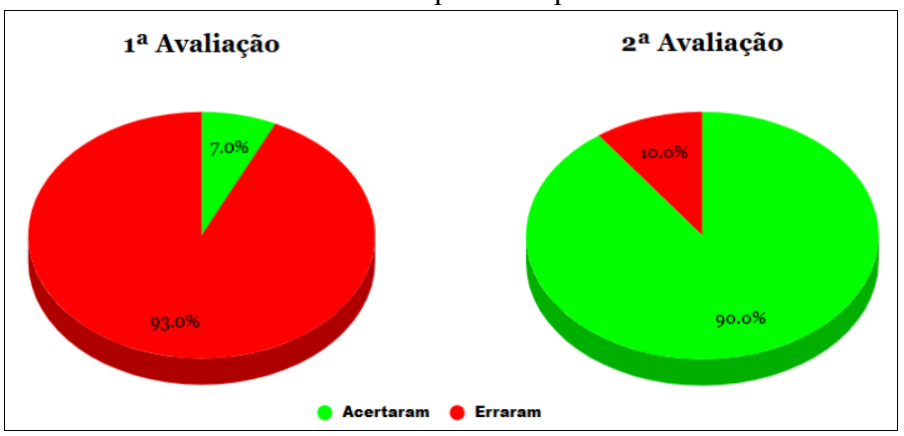


Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

De acordo com o Gráfico 5, verifica-se que 90% dos estudantes acertaram a questão 5 na avaliação final, configurando um expressivo avanço de 83 pontos percentuais em relação

aos 7% registrados no diagnóstico inicial. Esse expressivo aumento nos acertos deve-se ao caráter predominantemente teórico do item, além da intensificação da temática durante a execução do terceiro experimento.

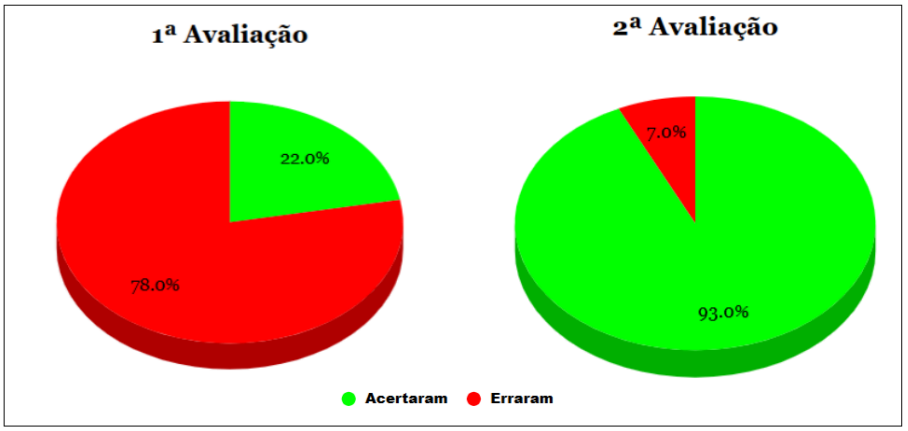
Gráfico 5 – Comparando questão 05



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Por fim, conforme apresentado no Gráfico 6, observa-se que 93% dos estudantes acertaram a questão 6 na avaliação final, o que representa um crescimento de 71 pontos percentuais em relação aos 22% obtidos no diagnóstico inicial. Em contrapartida, os erros e abstenções foram reduzidos a apenas 7%, consolidando o ganho de aprendizagem nessa questão teórica.

Gráfico 6 – Comparando questão 06



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Conforme apresentado, observa-se um avanço no desempenho dos discentes em todas as questões da avaliação final. Esses resultados fornecem evidências de que os conteúdos abordados ao longo das atividades experimentais foram apreendidos pelos estudantes, reforçando a premissa de que a manipulação de materiais concretos torna a aprendizagem mais engajadora e, consequentemente, favorece a construção do conhecimento.

A Tabela 6 sintetiza a distribuição de acertos e erros referente a todas as questões aplicadas, comparando os dados da avaliação diagnóstica inicial aos da avaliação final, ministrada após a realização das atividades experimentais.

Tabela 6 - Resumo das avaliações

	Avaliação diagnóstica			**Avaliação final**		
Questões	**Acertos**	**Erros**	**Em branco**	**Acertos**	**Erros**	**Em branco**
01	22%	52%	26%	83%	10%	7%
02	11%	30%	59%	97%	03%	0%
03	37%	52%	11%	90%	10%	0%
04	22%	59%	19%	70%	20%	10%
05	07%	93%	0%	90%	10%	0%
06	22%	78%	0%	93%	07%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

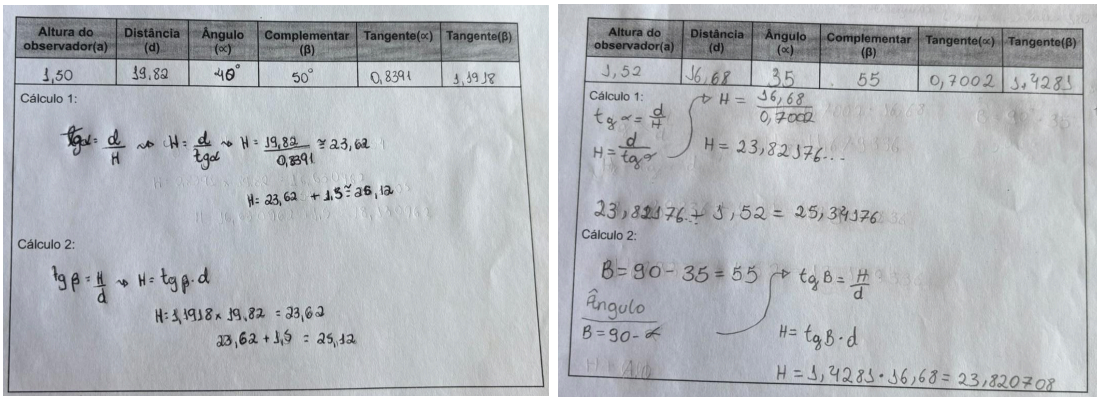
7.2 EXPERIMENTO COM O TEODOLITO

Os conceitos de Trigonometria apresentam elevado grau de abstração, de modo que os discentes frequentemente encontram dificuldades para visualizar as aplicações práticas de seno, cosseno e tangente. Essa ausência de percepção sobre a utilidade do conteúdo costuma desestimular o interesse pelo componente curricular. Durante a realização da atividade prática, contudo, observou-se o engajamento da turma em compreender a finalidade concreta do material didático em construção.

Outro aspecto positivo observado referiu-se à aplicabilidade prática do conteúdo fora do espaço físico da sala de aula - ambiente que, por vezes, é visto de forma desinteressante pelos estudantes. Diversos discentes demonstraram entusiasmo com a possibilidade de determinar a altura de uma estrutura de grande porte, como a caixa d’água da instituição, utilizando o recurso didático construído por eles mesmos. Nesse encontro específico, registraram-se 25 estudantes presentes.

Com o auxílio do Quadro 1, os estudantes, de volta à sala de aula, iniciaram os cálculos para determinar a altura da caixa d’água. As dúvidas que surgiram foram sanadas de imediato. A maioria dos presentes compreendeu a importância da adoção de um modelo matemático para a resolução do problema. Conforme ilustra a Figura 36, os discentes entenderam que bastava dividir a distância (d) referente ao seu ponto de visada pela tangente do ângulo obtido para determinar a altura parcial (h); em seguida, adicionando-se a essa medida a altura dos olhos do observador, obtinha-se a altura real da estrutura.

Figura 36 – Cálculo seguindo modelo matemático



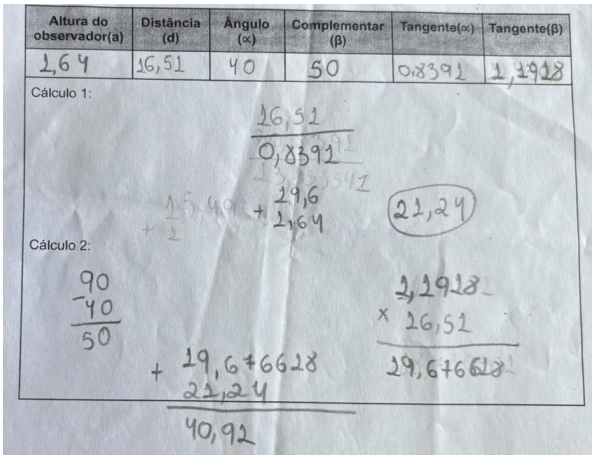
Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Observou-se também que a execução do segundo cálculo - realizado a partir do ângulo complementar ao obtido na visada - alterou a dinâmica da Modelagem Matemática. Nessa nova abordagem, a relação trigonométrica exigiu a reorganização da equação para a determinação da altura, que agora passou a ser a multiplicação da tangente deste ângulo complementar pela distância (d) do ponto de observação. O cálculo 2 serviu como mecanismo de validação e confirmação dos resultados obtidos no cálculo 1.

Durante a comparação entre os dois procedimentos de cálculo, observaram-se manifestações espontâneas de entusiasmo quanto à equivalência dos resultados obtidos. Tais observações foram empregadas estritamente para contextualizar o engajamento dos discentes, não constituindo uma categoria analítica autônoma.

Apesar do engajamento verificado, parcela dos discentes ainda demonstrou entraves na execução algébrica e na aplicação do modelo matemático. Registraram-se, inclusive, casos em que não se obteve a validação do resultado mediante o procedimento baseado no ângulo complementar, conforme se observa na Figura 37.

Figura 37 – Cálculo sem seguir o modelo matemático



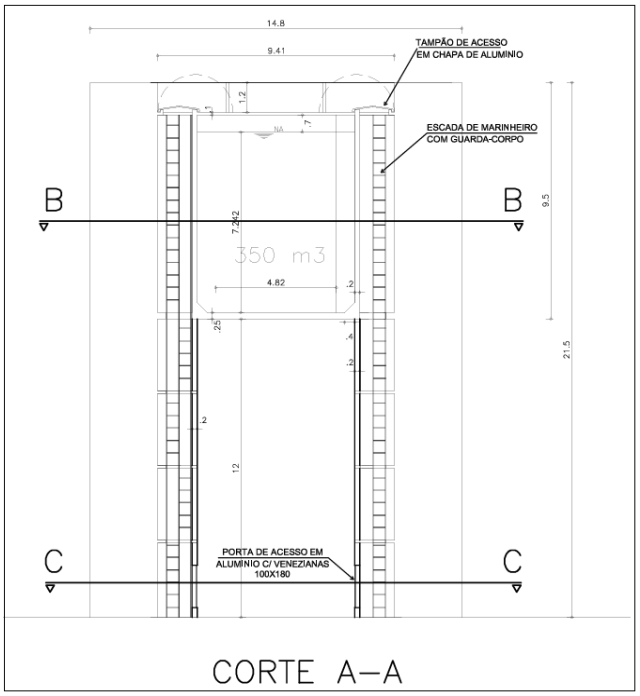
Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Solicitou-se aos discentes que analisassem a não equivalência entre as tangentes dos ângulos complementares. Notou-se que a resolução havia sido executada com tal fluidez e rapidez que os estudantes não tinham se dado conta desse detalhe conceitual.

Dentre os 25 estudantes presentes, a expressiva maioria - 18 discentes (72%) - estimou a altura em aproximadamente 22 m. Os demais distribuíram suas estimativas da seguinte forma: 3 discentes (12%) indicaram 18 m; 2 (8%), 23 m; e 2 (8%), 25 m.

A expectativa dos discentes concentrava-se na verificação da precisão de seus cálculos. Para viabilizar essa validação, projetou-se, por meio de recurso multimídia, a planta de corte oficial da caixa d'água. A estimativa modal obtida pelos alunos foi de 22 m, a qual apresentou um desvio de apenas 0,5 m (50 cm) em relação ao valor de referência real de 21,5 m (Figura 19).

Figura 38 – Planta de corte da caixa d'água



Fonte: Arquivo da UFPI (2010)

A constatação da precisão dos resultados gerou visível satisfação entre os discentes, visto que a maioria alcançou valores muito próximos à altura real da estrutura. Concluída essa verificação inicial, orientaram-se os alunos cujos cálculos divergiram do valor de referência, esclarecendo que o desvio estatístico decorria de fatores experimentais, tais como o desalinhamento do visor durante a montagem do teodolito, a oscilação do Pêndulo, a imprecisão na leitura angular ou eventuais equívocos de natureza aritmética.

Constataram-se valores idênticos para a leitura angular entre discentes posicionados no mesmo ponto de observação, a despeito de suas diferenças de estatura. Essa convergência

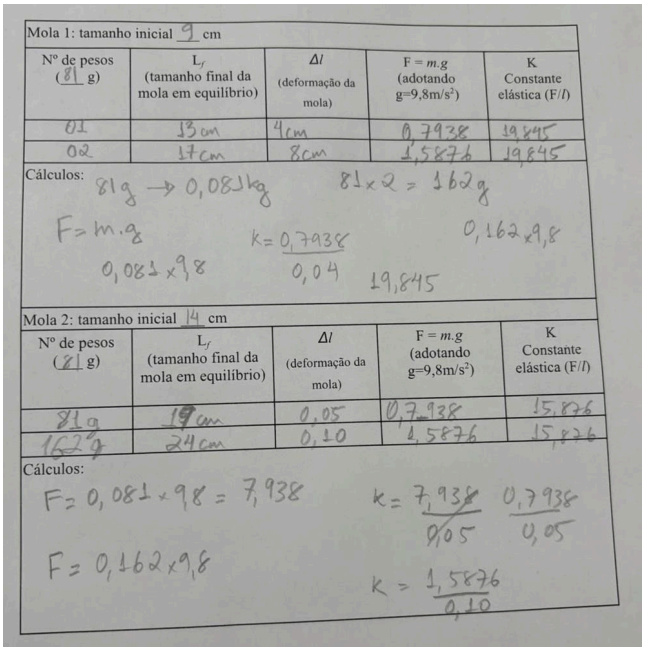
atípica pode ser atribuída à resolução limitada do teodolito artesanal, ao arredondamento das leituras durante a medição ou às imprecisões no posicionamento do instrumento, não sendo viável isolar uma causa única para o fenômeno.

7.3 EXPERIMENTO COM O SISTEMA MASSA-MOLA

Com o auxílio do Quadro 2 e dos dados coletados no experimento, os discentes iniciaram os procedimentos algébricos para a determinação da constante elástica (k). Compreendeu-se que a variação do comprimento da mola à medida que se adicionavam as massas representava a deformação (Δl), e não a constante elástica em si. Assim, assimilaram que, após o cálculo da Força Peso (P), bastava dividi-la pela variação do comprimento para obter a constante elástica do sistema.

Explicou-se a relevância do Sistema Internacional de Unidades (SI), bem como a necessidade da conversão das grandezas mensuradas: a massa, de gramas para quilogramas (g→kg), e a elongação da mola, de centímetros para metros (cm→m). Para a aceleração da gravidade, adotou-se o valor padrão de 9,8 m/s^2. Na Figura 39, exemplifica-se a memória de cálculo desenvolvida por um dos estudantes.

Figura 39 – Cálculo da constante elástica - estudante 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

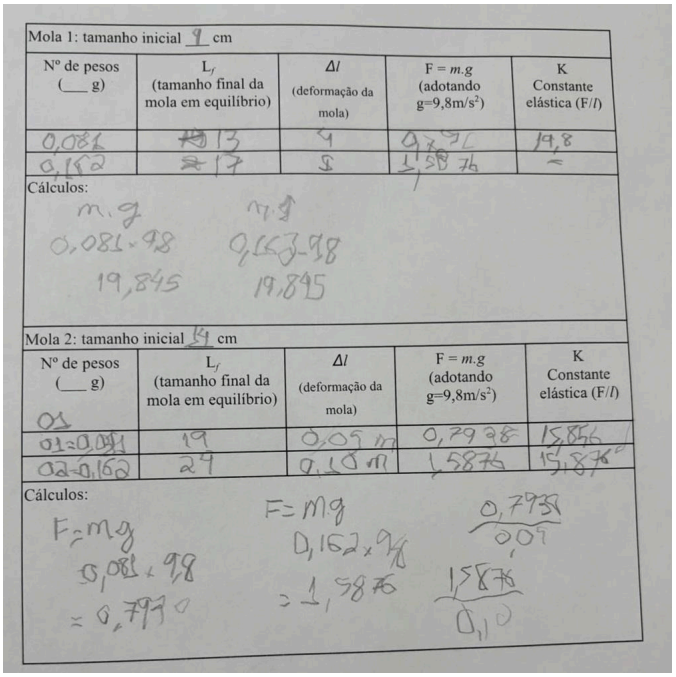
Em virtude da postura colaborativa e da ausência de caráter competitivo entre os estudantes, estabeleceu-se um ambiente de apoio mútuo para a resolução dos cálculos da constante elástica (k). No âmbito dos grupos de trabalho, os discentes sanaram dúvidas entre si, o que permitiu que toda a turma atingisse a confluência dos resultados experimentais para

cada mola. Conforme ilustrado na Figura 39, evidencia-se a proporcionalidade direta entre a força aplicada e a deformação do corpo elástico, em consonância com a Lei de Hooke. Para a primeira mola, obteve-se a constante de proporcionalidade k = 19,845, constatando-se a sua manutenção após a adição da segunda massa.

Concluídos os procedimentos referentes à mola de 9 cm, aplicou-se a mesma metodologia à segunda mola, cujo comprimento inicial era de 14 cm. Ao acoplar-se o primeiro gancho de 81 g, a mola deformou-se até atingir o comprimento de 19 cm. Com a adição da segunda massa de 81 g, o comprimento total expandiu-se para 24 cm. A partir dessas medições, determinou-se a constante elástica do segundo sistema, obtendo-se o valor de k = 15,876.

Apresenta-se, na Figura 40, o registro efetuado por outro discente. Observa-se que, apesar de particularidades em sua caligrafia, o estudante estruturou adequadamente o raciocínio matemático, obtendo valores idênticos para as constantes elásticas das molas 1 e 2.

Figura 40 – Cálculo da constante elástica - estudante 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Os dados coletados pelos estudantes durante o experimento confirmam a linearidade entre força e deformação, princípio fundamental da Lei de *Hooke*. Essa relação de proporcionalidade, evidenciada pelas constantes elásticas calculadas para cada mola, corrobora a validade do modelo matemático empregado.

Outro fator importante a ser destacado é que a manutenção da constante elástica nos experimentos indicou que as molas operaram estritamente dentro de seus limites elásticos.

Assim, a preservação da integridade das molas e o controle rigoroso sobre as massas aplicadas asseguraram a confiabilidade e a precisão dos resultados obtidos.

Evidenciou-se, novamente, a compreensão dos discentes sobre a transição articulada entre o sistema físico real e o modelo matemático correspondente.

Por fim, apresenta-se na Figura 41 o registro dos discentes presentes durante a realização do experimento. Cabe destacar que, embora os estudantes tivessem sido informados de que suas identidades seriam preservadas mediante o desfoque facial nas imagens, alguns optaram por não figurar nos registros fotográficos.

Figura 41 – Conclusão do experimento do sistema massa-mola



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

7.4 EXPERIMENTO COM O PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

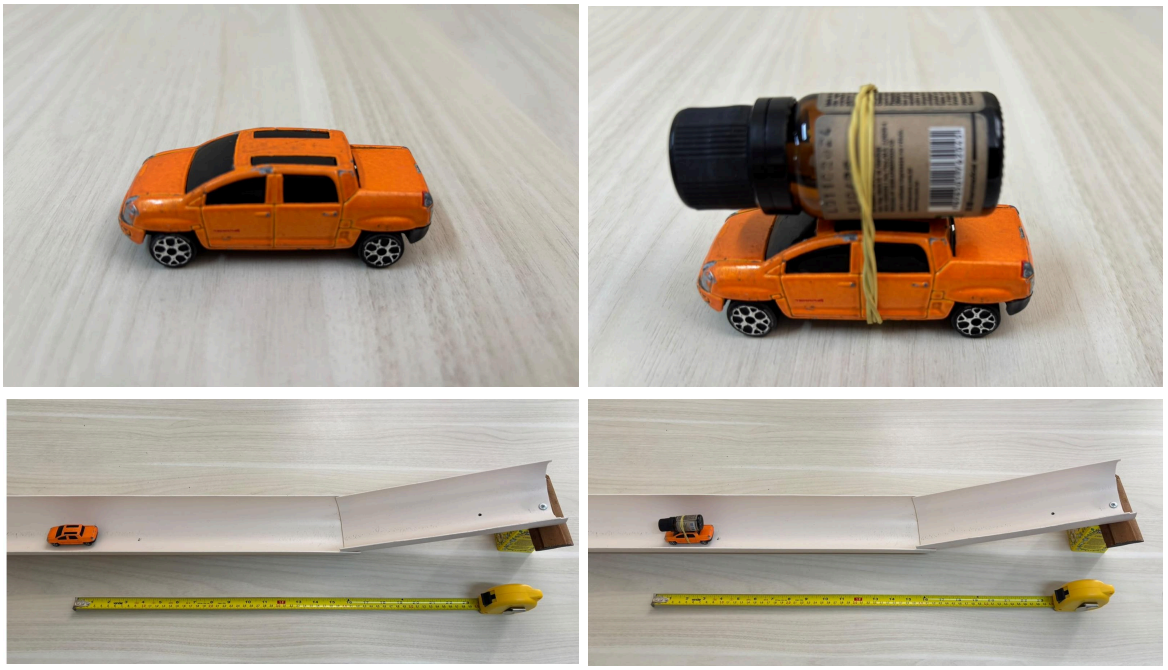
Neste encontro específico, compareceram à sala de aula 25 estudantes. Diferentemente dos experimentos anteriores, nos quais se utilizou o quadro, a proposta foi conduzir os discentes à compreensão do Princípio Fundamental da Dinâmica por meio do seu contexto histórico. Assim, apresentou-se o modelo matemático necessário para a determinação de qualquer uma das três grandezas físicas envolvidas.

Durante as atividades, observou-se que parte dos discentes supunha que o carrinho alcançaria uma distância maior com o acréscimo de massa. Essa concepção intuitiva transpareceu no relato de um dos alunos: “Professor, tem que ir mais longe, porque está mais

pesado e pega mais embalo”. No entanto, ao realizarem o ensaio experimental e analisarem os dados, os estudantes demonstraram surpresa ao constatarem a refutação de sua hipótese inicial, compreendendo empiricamente a relação inversamente proporcional entre massa e aceleração para uma mesma força aplicada.

Na Figura 42, observa-se, pela sequência de registros de um dos grupos, que o carrinho partiu de um mesmo ponto inicial, mas parou em posições distintas quando submetido a massas diversas. Para garantir maior precisão nas medições, os estudantes solicitaram uma trena. Sem a adição de massa extra, o carrinho percorreu uma distância retilínea de 60 cm. Por outro lado, ao ser submetido a uma massa maior, o deslocamento foi reduzido para 51 cm.

Figura 42 – Lançamento com pesos diferentes



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Todos os grupos puderam verificar empiricamente a validade do Princípio Fundamental da Dinâmica, formulado por *Isaac Newton*. Durante o ensaio, os discentes utilizaram o mesmo carrinho, tendo autonomia para alternar a massa acoplada e ajustar o ângulo de inclinação da rampa, o que viabilizou a observação do comportamento do sistema sob diferentes condições experimentais.

Ao transporem o modelo físico para a representação matemática, os estudantes compreenderam que, para uma mesma força resultante aplicada - assegurada ao soltar o carrinho de um mesmo ponto de partida -, a aceleração do corpo é inversamente proporcional

à sua massa. Em resumo, constataram que, quanto maior a massa do sistema, menor é a aceleração obtida.

Aproveitou-se o momento para esclarecer os discentes acerca dos desvios experimentais observados, explicando que as margens de erro constatadas deviam-se à atuação das forças de atrito e da resistência do ar. Ressaltou-se que a presença dessas forças dissipativas não invalidava a verificação do Princípio Fundamental da Dinâmica realizada pelos grupos. Na Figura 43, registra-se a turma durante a execução do experimento.

Figura 43 – Conclusão do experimento do Princípio Fundamental da Dinâmica



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo geral analisar as contribuições da confecção e do uso de experimentos com materiais didáticos de baixo custo no ensino de Matemática na Educação Básica. Por meio de atividades práticas e interativas, buscou-se aproximar os estudantes de conteúdos considerados desafiadores, estimulando o interesse e o engajamento pela disciplina.

A escolha da temática esteve diretamente vinculada às barreiras identificadas ao longo do ensino de Matemática, destacando-se a escassez de atividades experimentais para a assimilação dos conteúdos teóricos. Frequentemente, o docente depara-se com limitações estruturais e orçamentárias que inviabilizam a aquisição de insumos laboratoriais. Essa desarticulação entre a teoria e a prática torna o processo de ensino e aprendizagem pouco atraente e desprovido de significado, reduzindo o engajamento dos discentes. Nesse contexto, a confecção de materiais didáticos de baixo custo para a realização de experimentos surgiu como uma alternativa para estimular os estudantes do Ensino Médio no aprofundamento dos conteúdos.

Ao longo do experimento, o emprego da Modelagem Matemática proporcionou um ambiente mais favorável ao processo de ensino-aprendizagem. Os pressupostos teóricos examinados na Revisão da Literatura demonstraram que a Modelagem Matemática se consolida não apenas como uma abordagem metodológica alternativa, mas como uma estratégia pedagógica capaz de articular os conteúdos matemáticos a situações reais, investigativas e contextualizadas.

O estudo foi conduzido por meio de uma intervenção planejada, conforme detalhado na Seção 3, pautando-se nos pressupostos da pesquisa-ação e em uma abordagem quali-quantitativa para a análise dos dados. O percurso metodológico estruturou-se em etapas encadeadas: iniciou-se com a apresentação da pesquisa aos discentes, seguida da aplicação de uma avaliação diagnóstica. Em seguida, desenvolveram-se as atividades experimentais, nas quais cada proposta continha a contextualização histórica do conteúdo, a confecção do recurso didático, a execução do ensaio prático e o desenvolvimento dos cálculos e discussões. Por fim, aplicou-se uma avaliação pós-intervenção, com o intuito de verificar a evolução do desempenho dos estudantes em relação ao diagnóstico inicial.

A opção pela pesquisa-ação mostrou-se adequada por duas razões. Em primeiro lugar, porque o pesquisador atuou diretamente no contexto de aplicação, orientando os encontros e mediando o processo de aprendizagem. Em segundo lugar, porque a intervenção exigiu

decisões didáticas de alinhamento e flexibilização ao longo do processo, tais como a retomada de conceitos diante das dificuldades observadas e a estruturação dos cálculos

Na Seção 4, apresentou-se a contextualização histórica concernente a cada atividade prática desenvolvida. A inclusão dessa perspectiva inicial fundamentou-se na necessidade de situar os estudantes quanto ao desenvolvimento cronológico do conhecimento, permitindo-lhes compreender a temporalidade e as motivações subjacentes às descobertas científicas em suas respectivas épocas.

Ao todo, 31 estudantes consentiram em participar do estudo. Não houve registro de desistência formal, e as ausências pontuais durante os encontros não foram objeto de investigação. Cumpre destacar que as atividades foram realizadas em datas distintas e que a assiduidade variou ao longo do processo: 25 discentes (80,65%) participaram da atividade com o teodolito, 20 (64,52%) integraram o ensaio do sistema massa-mola e 25 (80,65%) realizaram a prática referente ao Princípio Fundamental da Dinâmica. Pelo controle de frequência efetuado, verificou-se que cada participante esteve presente em, no mínimo, dois dos três experimentos propostos, o que assegurou a consistência das etapas metodológicas e fortaleceu a interpretação do conjunto de resultados apresentados na Seção 7.

A análise e a discussão dos resultados, apresentadas na Seção 7, corroboraram o diagnóstico inicial ao evidenciarem que os estudantes enfrentavam lacunas conceituais expressivas referentes aos temas abordados nos experimentos. Destacaram-se, entre os principais obstáculos, a abstração de conceitos teóricos e a articulação entre diferentes conteúdos matemáticos.

Os resultados observados evidenciaram avanços consistentes na compreensão dos temas abordados. As práticas experimentais mostraram-se fundamentais para despertar o interesse e o engajamento dos discentes, estimulando uma postura investigativa e reflexiva ao longo do processo, além de viabilizarem a validação empírica dos modelos matemáticos construídos.

A comparação entre os resultados da avaliação diagnóstica inicial e a avaliação pós-intervenção indica um ganho expressivo de desempenho dos estudantes. Observou-se um crescimento no percentual de acertos em todas as proposições: Questão 1 (61%), Questão 2 (86%), Questão 3 (54%), Questão 4 (48%), Questão 5 (83%) e Questão 6 (71%).

A pesquisa produziu evidências consistentes de aprendizagem ao longo de sua execução, consolidando-se como uma alternativa metodológica para docentes que buscam articular teoria e prática, aproximando os conteúdos da realidade dos estudantes. Essa

articulação viabilizou-se por meio de experimentos com materiais de baixo custo desenvolvidos no contexto da escola pública.

Por fim, a pesquisa culminou no desenvolvimento de um Produto Educacional: um e-book que reúne a sequência didática para a aplicação dos experimentos, representando uma contribuição prática diretamente alinhada à natureza do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT). O referido material apresenta elevado potencial de replicabilidade e adaptação a diferentes realidades escolares, consolidando-se como um recurso pedagógico de apoio aos docentes interessados em alinhar suas práticas às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), sem abdicar de uma abordagem experimental e contextualizada do conhecimento matemático.

REFERÊNCIAS

BASSANEZI, R. C. Ensino-**Aprendizagem com Modelagem Matemática: uma nova estratégia**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2023.

BERLINGHOFF, William P. **A matemática através dos tempos: um guia fácil e prático para professores e entusiastas**. Tradução de Elza F. Gomide, Helena Castro. 2. ed. São Paulo: Blücher, 2010.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem Matemática no ensino**. 5. ed. São Paulo: Contexto, 2024.

BOYER, Carl B. **História da Matemática**. Tradução de Elza F. Gomide. 3. ed. São Paulo: Blücher, 2010.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Documento completo. Brasília: MEC, 2018.

BRENNAN, Richard P. **Gigantes da física: uma história da física moderna através de oito biografias**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar ed., 2003.

BRITO, A. de J.; MOREY, Bernadete Barbosa. **Geometria e Trigonometria: dificuldades de professores do ensino fundamental**. Presenças Matemáticas, Natal: EDUFRN, p. 9-33, 2004.

CALDEIRA, A. D. **Modelagem matemática e formação de professores: o que isto tem a ver com as licenciaturas?** In: V Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática. Ouro Preto, MG: UFOP, 2007.

CLUBES DE MATEMÁTICA DA OBMEP. **Hiparco de Nicéia**. s.d. Disponível em: https://clubes.obmep.org.br/blog/b_hiparco/. Acesso em: 20 ago. 2026.

CORDOVIL, K. R. da S.; VAZ, C. L. D. **Equipe maker steam: uma metodologia ativa para uma aprendizagem criativa**. REPPE-Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino, v. 8, n. 2, p. 2314-2337, 2024. Disponível em: https://periodicos.uenp.edu.br/index.php/reppe/article/view/1588. Acesso em: 12 jul. 2026.

CUNHA, C. P. **A Importância da Matemática no Cotidiano**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 4. ed., ano 2, v. 1, p. 641-650, 2017.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação matemática: Da teoria à prática**. 4. ed. Campinas, SP: Papirus, 1996. (Coleção Perspectivas em Educação Matemática).

DE LIMA, F. J.; DE LIMA, I. B. **Prática de ensino e interlocuções formativas no contexto de trabalho do professor de matemática: proposições ao diálogo**. In: Interdisciplinaridade no ensino de Ciências e Matemática. Fortaleza, CE: Imprensa Universitária, 2018.

FREEMAN JR., D. C. **Nonlinear springs with applications to flow regulation valves and mechanisms**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GREER, Rita. **Robert Hooke (1635-1703)**. 2009. 1 pintura, óleo sobre tela 38 x 49cm. Christ Church Gallery, University of Oxford. Disponível em: https://www.worldhistory.org/image/17914/portrait-of-robert-hooke/?utm_source=gemini#:~:text=Painted%20by%20Rita%20Greer%20in%202009.%20(,this%20page%20may%20have%20different%20licensing%20terms. Acesso em: 26 ago. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (**IBGE**). Área. 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br. Acesso em: 12 jul. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TOPOGRAFIA. **Fundamentos da Topografia: a base para medições precisas**. 2025. Disponível em: https://ibtopografia.com/blog/fundamentos-da-topografia/fundamentos-da-topografia/. Acesso em: 20 ago. 2026.

KNELLER, Sir Godfrey. **Sir Isaac Newton**. 1702. 1 pintura, óleo sobre tela, 75,6 x 62,2 cm. National Portrait Gallery, Londres, NPG 2881. Disponível em: https://www.npg.org.uk/collections/search/person/mp03274/sir-isaac-newton. Acesso em: 26 ago. 2026.

MARQUES, E. R. **Utilização de jogos no processo de ensino-aprendizagem**. Criar Educação, v. 6, nº 1, 2017.

MELNYK, Anastasiia; NASCIMENTO, Luciano. **Análise experimental do sistema massa-mola através da Lei de Hooke**. Revista Perspectivas Online: Exatas & Engenharias, v. 7, n. 19, p. 36–41, dez. 2017. ISSN 2236-885X. Disponível em: https://www.perspectivasonline.com.br/exatas_e_engenharia/article/view/948/942. Acesso em: 2 jul. 2026. DOI: https://doi.org/10.25242/885x7192017948.

MOREIRA, Ildeu de Castro. **Robert Hooke 1635-1703**. Revista Educação Pública, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, 31 dez. 2005. Disponível em: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/2/1/robert-hooke-1635-1703. Acesso em: 12 jul. 2026. DOI: 10-18264/REP.

MUSEO ARQUEOLÓGICO NACIONAL. **Astrolabe of Ibn Said al-Sahli**. Objeto de Ibrahim ibn Said al-Sahl, 1067; registro disponibilizado no Google Arts & Culture. s.d. Disponível em: https://artsandculture.google.com/asset/astrolabe-of-ibn-said-al-sahli-ibrahim-ibn-said-al-sahl/IAEdyWc3PAdCMw. Acesso em: 20 ago. 2026.

NASCIMENTO, Luciano. **Análise experimental do sistema massa-mola através da Lei de Hooke**. Educação & Tecnologia (CEFET-MG), Belo Horizonte, v. 21, n. 3, p. 27–31, set./dez. 2016.

OLIVEIRA, C. **A utilização de experimentos como estratégia didática no ensino das Leis Newton**. 2022. São Bernardo, MA. Disponível em http://hdl.handle.net/123456789/5386. Acesso em: 12 jul. 2026.

OLIVEIRA, Z. V. **A história como forma de compreender as dificuldades de aprendizagem em matemática**. Bolema: Boletim de Educação Matemática, v. 38, p. e230169, 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bolema/a/6hB9BjvgYqqmTL648XRzmLS/. Acesso em: 12 jul. 2026.

PONTES, E. A. S. et al. **Matemática para todos: uma ação extensionista visando o desenvolvimento cognitivo e intelectual de estudantes da educação básica**. Psicologia & Saberes, v. 6, n. 7, p. 20-28, 2017.

SILVA, M. A. **Teodolito caseiro: construindo significados para conceitos das razões trigonométricas (seno, cosseno e tangente)**. Com a Palavra, o Professor, v. 6, n. 14, p. 16-24, 2021. Disponível em: https://periodicos2.uesb.br/cpp/article/view/17510/10538. Acesso em: 12 jul. 2026.

TEIXEIRA, Gabriel dos Santos. **Aplicações matemáticas em trigonometria: A construção e uso do teodolito caseiro para o ensino de trigonometria no triângulo retângulo para alunos do 8º ano**. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT) – Universidade de Brasília. Brasília, 2025.

THE BRITISH MUSEUM. **The Rhind Mathematical Papyrus**. Museum number EA10057. s.d. Disponível em: https://www.britishmuseum.org/collection/object/Y_EA10057. Acesso em: 20 ago. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Colégio Técnico de Floriano**. s.d. Disponível em: https://ufpi.br/ctf. Acesso em: 20 ago. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe**. s.d. Disponível em: http://museudetopografia.ufrgs.br/museudetopografia/. Acesso em: 20 ago. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Departamento de Matemática**. s.d. Disponível em: https://www.dm.ufscar.br/profs/waldeck/sourceforge/svgtest.php. Acesso em: 20 ago. 2026.

UNIVERSITY COLLEGE LONDON. **Petrie Museum of Egyptian and Sudanese Archaeology**. UCL Culture. s.d. Disponível em: https://www.ucl.ac.uk/culture/petrie-museum. Acesso em: 20 ago. 2026.

UNIVERSITY OF OKLAHOMA. **16th century: Exhibit Items**. History of Science Collections, University of Oklahoma Libraries. s.d. Disponível em: https://galileo.ou.edu/16th-century.html. Acesso em: 20 ago. 2026.

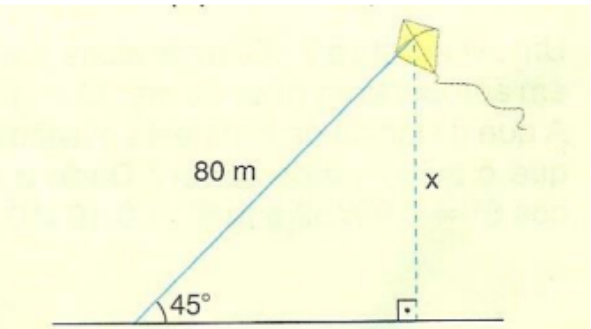
VIANA, Paulo Cesar Ferreira. **Sistema massa-mola e suas propriedades: um estudo analítico via álgebra linear**. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT) – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, *Campus* Auroras, Redenção, 2023.

VINCIGUERRA, Thomas. **Babylon Revisited: How a Chunk of Ancient Math History Got to Columbia**.Columbia Magazine. 2017. Disponível em: https://magazine.columbia.edu/article/babylon-revisited. Acesso em: 20 ago. 2026.

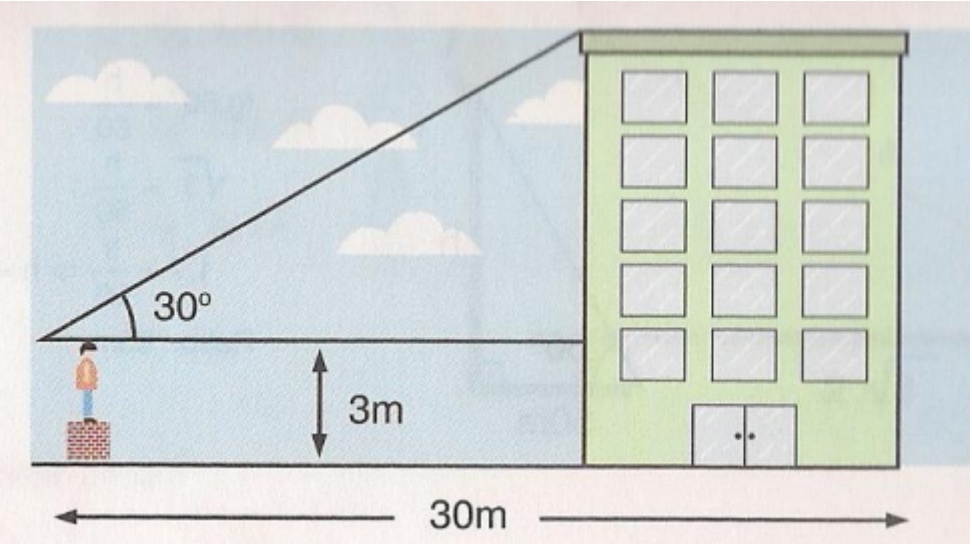
WESTFALL, R. S. **A vida de Isaac Newton**. Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.

APÊNDICE I - AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

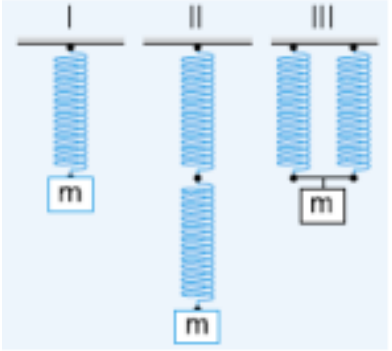
1) Uma pipa é presa a um fio esticado que forma um ângulo de 45◦ com o solo. O comprimento do fio é 80 m. Determine a altura da pipa em relação ao solo. Dado$\sqrt{2}$=1,41



2) Para determinar a altura de um edifício, um observador coloca-se a 30 m de distância e assim o observa segundo um ângulo de 30º, conforme mostra a figura. Calcule a altura do edifício medida a partir do solo horizontal. Dado $\sqrt{3}$ = 1,73.

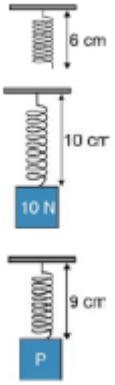


3) Dispõe-se de duas molas idênticas e de um objeto de massa m. O objeto pode ser pendurado em apenas uma das molas ou numa associação entre elas, conforme a figura. O objeto provocará uma deformação total:



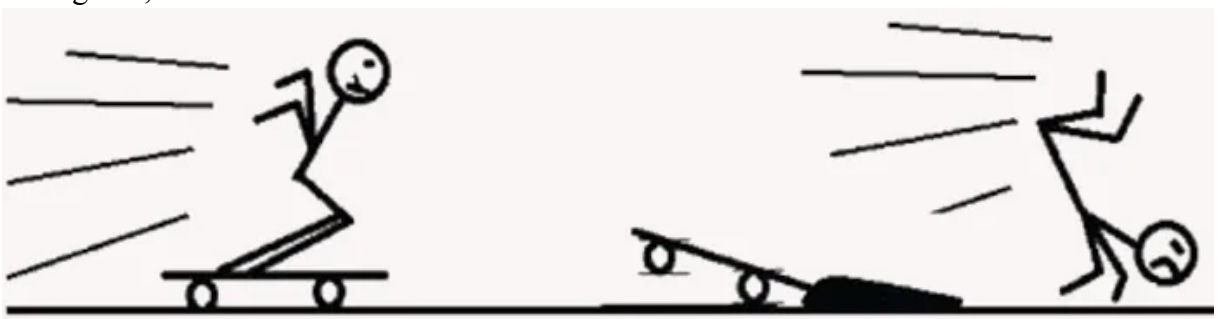
a) igual nos três arranjos.
b) maior no arranjo I.
c) maior no arranjo II.
d) maior no arranjo III.

4)As figuras mostram uma mola elástica de massa desprezível em 3 situações distintas: a 1ª sem peso, a 2ª com um peso de 10 N e a 3ª com um peso P. O valor de P é:



a) 0,75 N
b) 1,0 N
c) 3,0 N
d) 7,5 N
e) 9,0 N

5) A imagem mostra um garoto sobre um skate em movimento com velocidade constante que, em seguida, choca-se com um obstáculo e cai.



A queda do garoto justifica-se devido à(ao):

A) princípio da inércia.
B) ação de uma força externa.
C) princípio da ação e reação.
D) força de atrito exercida pelo obstáculo.

6) Com base nos seus estudos a respeito das leis de Newton da dinâmica, quais forças são capazes de modificar o estado de movimento de um corpo:

A) forças externas.
B) força de atrito.
C) força normal.
D) força peso.
E) forças internas

Ângulo	Seno	Cosseno	Tangente	Ângulo	Seno	Cosseno	Tangente
1°	0,0175	0,9998	0,0175	46°	0,7193	0,6947	1,0355
2°	0,0349	0,9994	0,0349	47°	0,7314	0,6820	1,0724
3°	0,0523	0,9986	0,0524	48°	0,7431	0,6691	1,1106
4°	0,0698	0,9976	0,0699	49°	0,7547	0,6561	1,1504
5°	0,0872	0,9962	0,0875	50°	0,7660	0,6428	1,1918
6°	0,1045	0,9945	0,1051	51°	0,7771	0,6293	1,2349
7°	0,1219	0,9925	0,1228	52°	0,7880	0,6157	1,2799
8°	0,1392	0,9903	0,1405	53°	0,7986	0,6018	1,3270
9°	0,1564	0,9877	0,1584	54°	0,8090	0,5878	1,3764
10°	0,1736	0,9848	0,1763	55°	0,8192	0,5736	1,4281
11°	0,1908	0,9816	0,1944	56°	0,8290	0,5592	1,4826
12°	0,2079	0,9781	0,2126	57°	0,8387	0,5446	1,5399
13°	0,2250	0,9744	0,2309	58°	0,8480	0,5299	1,6003
14°	0,2419	0,9703	0,2493	59°	0,8572	0,5150	1,6643
15°	0,2588	0,9659	0,2679	60°	0,8660	0,5000	1,7321
16°	0,2756	0,9613	0,2867	61°	0,8746	0,4848	1,8040
17°	0,2924	0,9563	0,3057	62°	0,8829	0,4695	1,8807
18°	0,3090	0,9511	0,3249	63°	0,8910	0,4540	1,9626
19°	0,3256	0,9455	0,3443	64°	0,8988	0,4384	2,0503
20°	0,3420	0,9397	0,3640	65°	0,9063	0,4226	2,1445
21°	0,3584	0,9336	0,3839	66°	0,9135	0,4067	2,2460
22°	0,3746	0,9272	0,4040	67°	0,9205	0,3907	2,3559
23°	0,3907	0,9205	0,4245	68°	0,9272	0,3746	2,4751
24°	0,4067	0,9135	0,4452	69°	0,9336	0,3584	2,6051
25°	0,4226	0,9063	0,4663	70°	0,9397	0,3420	2,7475
26°	0,4384	0,8988	0,4877	71°	0,9455	0,3256	2,9042
27°	0,4540	0,8910	0,5095	72°	0,9511	0,3090	3,0777
28°	0,4695	0,8829	0,5317	73°	0,9563	0,2924	3,2709
29°	0,4848	0,8746	0,5543	74°	0,9613	0,2756	3,4874
30°	0,5000	0,8660	0,5774	75°	0,9659	0,2588	3,7321
31°	0,5150	0,8572	0,6009	76°	0,9703	0,2419	4,0108
32°	0,5299	0,8480	0,6249	77°	0,9744	0,2250	4,3315
33°	0,5446	0,8387	0,6494	78°	0,9781	0,2079	4,7046
34°	0,5592	0,8290	0,6745	79°	0,9816	0,1908	4,1446
35°	0,5736	0,8192	0,7002	80°	0,9848	0,1736	5,6713
36°	0,5878	0,8090	0,7265	81°	0,9877	0,1564	6,3138
37°	0,6018	0,7986	0,7536	82°	0,9903	0,1392	7,1154
38°	0,6157	0,7880	0,7813	83°	0,9925	0,1219	8,1443
39°	0,6293	0,7771	0,8098	84°	0,9945	0,1045	9,5144
40°	0,6428	0,7660	0,8391	85°	0,9962	0,0872	11,4301
41°	0,6561	0,7547	0,8693	86°	0,9976	0,0698	14,3007
42°	0,6691	0,7431	0,9004	87°	0,9986	0,0523	19,0811
43°	0,6820	0,7314	0,9325	88°	0,9994	0,0349	28,6363
44°	0,6947	0,7193	0,9657	89°	0,9998	0,0175	57,2900
45°	0,7071	0,7071	1,0000				

ANEXO I - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto de Pesquisa: **A CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO**

Pesquisador Responsável: *Marcos Vivian da Rocha Tolentino*

Pesquisador Assistente: *Guilherme Luiz de Oliveira Neto*

Pesquisador Assistente: *Ronaldo Campelo da Costa*

Local onde será realizada a pesquisa: CTF/UFPI-Floriano-PI

O(A) menor sob sua responsabilidade está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa acima especificada. O convite está sendo feito a ele(a) porque faz parte do público alvo, que se trata de estudantes do 3º ano do ensino médio. A contribuição dele(a) é importante, porém, ele(a) não deve participar contra a sua vontade.

Antes de autorizar a participação dele(a), é importante que entenda porquê esta pesquisa está sendo realizada, todos os procedimentos envolvidos, os possíveis benefícios, riscos e desconfortos que serão descritos e explicados abaixo.

A qualquer momento, antes, durante e depois da pesquisa, você poderá solicitar maiores esclarecimentos, recusar-se a participar ou desistir de participar. Em todos esses casos o(a) menor sob sua responsabilidade não será prejudicado(a), penalizado(a) ou responsabilizado(a) de nenhuma forma.

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável ***Marcos Vivian da Rocha Tolentino***, nos telefones 89-2221-2723, celular 89-99983-0984, no Colégio Técnico de Floriano, na Rodovia PI-04, S/N, bairro Meladão, na sala da Assistência Estudantil e e-mail marcos.tolentino@ufpi.edu.br. Este estudo foi analisado por um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) que é um órgão que protege o bem-estar dos participantes de pesquisas. O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir a dignidade, os direitos, a segurança e o bem-estar dos participantes de pesquisas. Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre os direitos do(a) menor sob sua responsabilidade como participante deste estudo ou se estiver insatisfeito com a maneira como o estudo está sendo realizado, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Piauí, *Campus Amílcar Ferreira Sobral*, situado na BR 343, Km 3,5, Bairro Meladão, CEP: 64.808-605, Floriano- PI. O atendimento presencial no CEP ocorre às quartas, quintas e sextas, de 08:00h às 12:00h e das 14:00h às 18:00h. Caso prefira, pode entrar em contato pelo telefone (089) 2221-2731, de segunda à sexta, das 08:00h às 12:00h. pelo e-mail cepcafs@ufpi.edu.br.

Todas as informações coletadas neste estudo serão confidenciais (o nome dele(a) jamais será divulgado). Somente o pesquisador e/ou equipe de pesquisa terão conhecimento de sua identidade e da identidade do(a) menor sob sua responsabilidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo. Os dados coletados serão utilizados apenas para esta pesquisa.

Após ser apresentado(a) e esclarecido(a) sobre as informações da pesquisa, no caso de aceitar que o(a) menor sob sua responsabilidade faça parte como voluntário(a), você deverá rubricar todas as páginas e assinar ao final deste documento elaborado em duas vias. Cada via também será rubricada em todas as páginas e assinada pelo pesquisador responsável, devendo uma via ficar com você, para que possa consultá-la sempre que necessário.

INFORMAÇÕES IMPORTANTES QUE VOCÊ PRECISA SABER SOBRE A PESQUISA

- **Justificativa para realização da pesquisa:** A pesquisa visa mostrar como a atividade experimental ajuda no aprofundamento dos conteúdos estudados em sala de aula. E, considerando as dificuldades financeiras encontradas nas escolas públicas do Estado do Piauí, a pesquisa propõe a criação de instrumentos de baixo custo que tornem as práticas experimentais acessíveis e regulares.
- **Objetivos da pesquisa:** Criar instrumentos de baixo custo para realização de atividades experimentais nas turmas de educação básica. Proporcionar ao estudante do ensino médio uma melhor assimilação do conteúdo teórico através de experimentos; Orientar os estudantes do ensino médio a construir seu próprio instrumento para realização de experimentos; Criar instrumento para realização de experimentos do sistema massa-mola; Criar instrumento para realização de experimentos do Princípio Fundamental da Dinâmica; Criar instrumentos para realização de experimentos de Trigonometria.
- **Procedimentos aos quais o(a) menor sob sua responsabilidade será submetido(a):** A pesquisa se dará primeiramente na sala de aula, com a aplicação de questionário diagnóstico, para avaliar o grau de conhecimento dos alunos participantes, sobre os temas a serem abordados, posteriormente serão feitos aulas expositivas, apoiado em diversos recursos didáticos, para assimilação do conteúdo. Após a explanação de cada tópico, sendo eles Sistema de Massa-mola, Princípio Fundamental da Dinâmica e Trigonometria, com previsão para 2 encontros por tópico, será iniciado o processo de criação do instrumento respectivo de cada tópico, com previsão para 1 encontro por tópico, posteriormente serão realizados os experimentos relativo a cada tópico, dentro e fora da sala de aula, com previsão de 1 encontro por tópico. Os experimentos fora da sala de aula serão realizados dentro do Campus, sem deslocamento. Em seguida, um novo questionário será aplicado para analisar os possíveis conhecimentos adquiridos ao longo da pesquisa, com apenas 1 encontro. Por fim a análise dos resultados, também com previsão de 1 encontro por tópico. Totalizando durante todo o processo de coleta de dados 13 encontros. Os dados físicos serão guardados em armário trancado na coordenação do Mestrado, localizada no Instituto Federal do Piauí - Campus Floriano, na rua Francisco Urquiza Machado, 462, bairro Campo Velho, sob a responsabilidade exclusiva do pesquisador. Após 5(cinco) anos para a guarda dos dados, o material será destruído de forma segura pelo método da incineração.
- **Riscos do(a) menor sob sua responsabilidade em participar da pesquisa:** Durante a construção de um teodolito caseiro, um dos instrumentos objeto da pesquisa, os participantes usarão uma tesoura, neste momento é possível sim, que alguém se machuque manuseando o instrumento, a fim de evitar os riscos destas lesões, os participantes serão orientados quanto a utilização do instrumento e acompanhados durante o processo de criação, caso aconteça este risco, os alunos serão amparados primeiramente pelo equipe de enfermagem da escola, caso precise serão assistidos pela Unidade Básica de Saúde presente dentro do Campus e se necessário o participante será encaminhado para uma Unidade de Pronto Atendimento. Como a pesquisa também utilizará questionários, tanto no início como no fim da pesquisa, é possível, mesmo que mínimo, que o participante sinta desconforto, constrangimento e cansaço, mesmo a pesquisa não revelando dados pessoais. Outro possível risco é o relacionado à proteção de dados como quebra do anonimato e quebra de sigilo e confidencialidade. Com a finalidade de minimizar estes riscos, os questionários a serem respondidos não terão nenhum tipo de identificação, a fim de garantir o anonimato e evitar quebra de sigilo. Não serão coletadas

informações identificáveis como nome, endereço, cpf, identidade, data de nascimento. Nunca serão divulgadas informações que permitam a identificação do participante em relatórios, artigos ou apresentações. Durante a aplicação dos questionários, serão observados possíveis sinais de sofrimento e caso necessário, o participante será encaminhado ao atendimento psicológico existente na escola.

- **Benefícios do(a) menor sob sua responsabilidade em participar da pesquisa**: Espera-se que os instrumentos criados para a realização dos experimentos, comprovem na prática os estudos teóricos absorvidos durante os encontros expositivos em sala de aula contribuindo para que o participante aprofunde seus conhecimentos.

- **Privacidade e confidencialidade:** Os questionários e os eventuais registros de imagem serão tratados de forma a garantir a privacidade e a confidencialidade, os dados pessoais não serão coletados e os dados da pesquisa a serem divulgados ou publicados não permitirão a identificação do participante. Todos os instrumentos, roteiros e termos serão arquivados armário trancado na coordenação do Mestrado, localizada no Instituto Federal do Piauí - Campus Floriano, na rua Francisco Urquiza Machado, 462, bairro Campo Velho, por um período mínimo de cinco 5 anos, alcançado este prazo todo o material será incinerado;

- **Acesso a resultados parciais ou finais da pesquisa**: O participante, assim como qualquer pessoa interessada, terá acesso aos resultados da pesquisa, estes serão disponibilizados para consulta pública no endereço eletrônico do Programa do Mestrado, https://sca.profmat-sbm.org.br/busca_tcc.php;

- **Custos envolvidos pela participação do(a) menor sob sua responsabilidade na pesquisa:** A participação do(a) menor sob sua responsabilidade na pesquisa é voluntária, não podendo envolver custos ou compensações financeiras. A pesquisa se dará durante os turnos das aulas dos alunos, durante a semana, ou seja, o aluno já estará no Campus para participação na pesquisa, não havendo gastos com transporte e/ou alimentação. Se você tiver gastos, como de transporte e alimentação, eles deverão ser ressarcidos pelo pesquisador responsável. Não haverá gastos para o SUS, convênios de saúde e CEP;

- **Forma de proteção da imagem e/ou voz do(a) menor participante da pesquisa:** Não haverá gravação de voz ou vídeo dos participantes, haverão registros de imagens durante a pesquisa, as imagens utilizadas na dissertação do trabalho, não terão identificação do participante, tendo assegurado a confidencialidade e a privacidade a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros;

- **Danos e indenizações:** Se ocorrer qualquer problema ou dano pessoal durante ou após os procedimentos aos quais o(a) menor sob sua responsabilidade será submetido(a), lhe será garantido o direito a tratamento imediato e gratuito pelo pesquisador, não excluindo a possibilidade de indenização determinada por lei, se o dano for decorrente da pesquisa.

- **Consentimento do responsável legal**

Eu, abaixo assinado, declaro que concordo com a participação do(a) menor sob minha responsabilidade nesse estudo como voluntário(a) da pesquisa. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) sobre o objetivo desta pesquisa, que li ou foram lidos para mim, os procedimentos nela

envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de sua participação e esclareci todas as minhas dúvidas. Foi-me garantido que eu posso recusar a participação dele/dela e retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto cause qualquer prejuízo, penalidade ou responsabilidade para ele/ela. Autorizo a divulgação dos dados obtidos neste estudo mantendo em sigilo nossas identidades. Informo que recebi uma via deste documento com todas as páginas rubricadas e assinadas por mim e pelo Pesquisador Responsável.

Eu, _____, responsável legal por *(nome do(a) menor)*_____, este(a) nascido(a) em _____/_____/_____, declaro ter sido informado(a) e concordo com a participação, do(a) menor sob minha responsabilidade, no Projeto de pesquisa "**A CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO**".

_____, _____ de _____ de 20____.

_____

Assinatura do(a) responsável legal pelo(a) menor

Declaração do pesquisador

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimentos Livre e Esclarecido deste(a) representante legal para a participação, do(a) menor sob sua responsabilidade, neste estudo. Declaro ainda que me comprometo a cumprir todos os termos aqui descritos.

_____

Pesquisador responsável.: Marcos Vivian da Rocha Tolentino
Curso de Mestrado Profissional em Matemática/IFPI-Campus Floriano

_____

Pesquisador assistente.: Guilherme Luiz de Oliveira Neto
Professor Doutor do Instituto Federal do Piauí-IFPI- Campus Floriano

_____

Pesquisador assistente.: Ronaldo Campelo da Costa
Professor Doutor do Instituto Federal do Piauí-IFPI- Campus Picos

ANEXO II - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto de Pesquisa: **A CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO**

Pesquisador Responsável: *Marcos Vivian da Rocha Tolentino*

Pesquisador Assistente: *Guilherme Luiz de Oliveira Neto*

Pesquisador Assistente: *Ronaldo Campelo da Costa*

Local onde será realizada a pesquisa: Colégio Técnico de Floriano-CTF/UFPI

Você está sendo convidado a participar da pesquisa **A CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO**, coordenada pelo pesquisador *Marcos Vivian da Rocha Tolentino.* Você poderá entrar em contato comigo ligando para os números 89-99983-0984. Seus pais e/ou responsáveis já permitiram que você participe.

Queremos criar instrumentos de baixo custo para realização de atividades experimentais nas turmas de educação básica, proporcionando ao estudante do ensino médio uma melhor assimilação do conteúdo teórico através de experimentos.

Você só precisa participar da pesquisa se quiser, é um direito seu e não terá nenhum problema se desistir. Os adolescentes que irão participar desta pesquisa têm de 16 a 18 anos de idade. Se você aceitar participar e quiser desistir depois, também não tem problema nenhum. Você poderá sair do projeto em qualquer momento.

A pesquisa será feita no Colégio Técnico de Floriano-CTF/UFPI, onde os adolescentes terão aulas expositivas do conteúdo abordado durante a pesquisa e aprenderão a fazer instrumentos de baixo custo que ajudarão experimentalmente na comprovação matemática dos conceitos estudados. A pesquisa se dará primeiramente na sala de aula, com a aplicação de questionário diagnóstico, para avaliar o grau de conhecimento dos alunos participantes, sobre os temas a serem abordados, posteriormente serão feitas aulas expositivas, apoiado em diversos recursos didáticos, para assimilação do conteúdo. Após a explanação de cada tópico, sendo eles Sistema de Massa-mola, Princípio Fundamental da Dinâmica e Trigonometria, com previsão para 2 encontros por tópico, será iniciado o processo de criação do instrumento respectivo de cada tópico, com previsão para 1 encontro por tópico, posteriormente serão realizados os experimentos relativo a cada tópico, dentro e fora da sala de aula, com previsão de 1 encontro por tópico. Os experimentos fora da sala de aula serão realizados dentro do Campus, sem deslocamento. Em seguida, um novo questionário será aplicado para analisar os possíveis conhecimentos adquiridos ao longo da pesquisa, com apenas 1 encontro. Por fim a análise dos resultados, também com previsão de 1 encontro por tópico. Totalizando durante todo o processo de coleta de dados 13 encontros. Para isso, será usado/a quadro, data-show, pincel, apagador, peças de madeira, transferidor, borracha, papelão, mola, barbante, papel A4, caneta, canudo, tesoura, garrafa pet e cola bastão, o processo de criação do instrumento é considerado(a) seguro (a), mas é possível ocorrer algum tipo de perfuração durante sua construção, em virtude da utilização de tesoura, caso aconteça este risco, os alunos serão amparados primeiramente pelo equipe de enfermagem da escola, caso precise serão assistidos pela

Unidade Básica de Saúde presente dentro do Campus e se necessário o participante será encaminhado para uma Unidade de Pronto Atendimento. Como a pesquisa também utilizará questionários, tanto no início como no fim da pesquisa, é possível, mesmo que mínimo, que o participante sinta desconforto, constrangimento e cansaço, mesmo a pesquisa não revelando dados pessoais. Outro possível risco é o relacionado à proteção de dados como quebra do anonimato e quebra de sigilo e confidencialidade. Com a finalidade de minimizar estes riscos, os questionários a serem respondidos não terão nenhum tipo de identificação, a fim de garantir o anonimato e evitar quebra de sigilo. Não serão coletadas informações identificáveis como nome, endereço, cpf, identidade, data de nascimento. Nunca serão divulgadas informações que permitam a identificação do participante em relatórios, artigos ou apresentações. Durante a aplicação dos questionários, serão observados possíveis sinais de sofrimento e caso necessário, o participante será encaminhado ao atendimento psicológico existente na escola. Caso aconteça algo errado, você pode nos procurar pelos telefones que tem no começo do texto. Mas há coisas boas que podem acontecer como aprofundamento e fixação do conteúdo estudado em sala de aula, ampliação da visão do participante sobre a abrangência do estudo da matemática e o despertar para a realização de atividades experimentais como comprovação científica. Os dados físicos serão guardados em armário trancado na coordenação do Mestrado, localizada no Instituto Federal do Piauí - Campus Floriano, na rua Francisco Urquiza Machado, 462, bairro Campo Velho, sob a responsabilidade exclusiva do pesquisador. Após 5(cinco) anos para a guarda dos dados, o material será destruído de forma segura pelo método da incineração.

Se você morar longe do Colégio Técnico de Floriano - CTF/UFPI, nós daremos a seus pais/responsáveis dinheiro suficiente para transporte, para também acompanhar a pesquisa.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados para consulta no endereço eletrônico do Programa do Mestrado https://sca.profmat-sbm.org.br/busca_tcc.php mas, sem identificar os adolescentes que participaram.

CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO

Eu _____ aceito participar da pesquisa **(A CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO).**

Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer.

Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir e que ninguém vai ficar com raiva de mim e nem me fazer mal.

Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

Recebi uma via deste termo de assentimento. A outra via ficará com o pesquisador responsável Marcos Vivian da Rocha Tolentino. Li (leram para mim) o documento e concordo em participar da pesquisa.

Floriano-PI, ____de _____de _____.

_____
Assinatura do(a) participante

_____
Pesquisador responsável.: Marcos Vivian da Rocha Tolentino
Curso de Mestrado Profissional em Matemática/IFPI-Campus Floriano

_____
Pesquisador assistente.: Guilherme Luiz de Oliveira Neto
Professor Doutor do Instituto Federal do Piauí-IFPI- Campus Floriano

_____
Pesquisador assistente.: Ronaldo Campelo da Costa
Professor Doutor do Instituto Federal do Piauí-IFPI- Campus Picos

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
IFPI – *CAMPUS* FLORIANO
Rua Francisco Urquiza Machado, 462, Bairro Campo Velho -
CEP: 64.808-475.

ANEXO III - TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Eu, _____,responsável legal por *(nome do menor)*_____, este(a) nascido(a) em _____/_____/_____, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de sua imagem, especificados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), AUTORIZO, através do presente termo, os pesquisadores Marcos Vivian da Rocha Tolentino, Guilherme Luiz de Oliveira Neto e Ronaldo Campelo da Costa, do projeto de pesquisa intitulado **A CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO**, vinculado ao Curso de Mestrado Profissional em Matemática (PROFMAT), a realizar fotos que se façam necessárias durante os encontros a serem realizados, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Ao mesmo tempo, LIBERO a utilização destas fotos (seus respectivos negativos ou cópias) para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados.

Por ser a expressão da minha vontade, assino a presente autorização, cedendo, a título gratuito, todos os direitos autorais decorrentes dos artigos e questionários fornecidos, abdicando do direito de reclamar de todo e qualquer direito conexo à imagem, e qualquer outro direito decorrente dos direitos abrangidos pela Lei n° 9160/98 (Lei dos Direitos Autorais).

_____, ____ de _____ de _____.

_____
Assinatura do(a) menor participante da Pesquisa

_____
Assinatura do pai/responsável legal pelo menor

_____
Pesquisador responsável.: Marcos Vivian da Rocha Tolentino
Curso de Mestrado Profissional em Matemática/IFPI-Campus Floriano

_____
Pesquisador assistente.: Guilherme Luiz de Oliveira Neto
Professor Doutor do Instituto Federal do Piauí-IFPI- Campus Floriano

_____
Pesquisador assistente.: Ronaldo Campelo da Costa
Professor Doutor do Instituto Federal do Piauí-IFPI- Campus Picos

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
IFPI – *CAMPUS* FLORIANO
Rua Francisco Urquiza Machado, 462, Bairro Campo Velho -
CEP: 64.808-475.

ANEXO IV - DECLARAÇÕES DO(S) PESQUISADOR(ES)

Ao Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFPI/CAFS

Campus Amílcar Ferreira Sobral/ Universidade Federal do Piauí

Nós, ***Marcos Vivian da Rocha Tolentino, Guilherme Luiz de Oliveira Neto e Ronaldo Campelo da Costa***, responsáveis pela pesquisa intitulada **"A CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO"**, declaramos que:

- Assumimos o compromisso de cumprir os Termos das Resoluções Nº 466/2012, de 12 de dezembro de 2012, Nº 580, de 22 de março de 2018, e Nº 510/2016, de 07 de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde e demais resoluções complementares à mesma (240/97, 251/97, 292/99 e 340/2004)
- Assumimos o compromisso de zelar pela privacidade e pelo sigilo das informações, que serão obtidas e utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa;
- Os materiais e as informações obtidas no desenvolvimento deste trabalho serão utilizados apenas para se atingir o(s) objetivo(s) previsto(s) nesta pesquisa e não serão utilizados para outras pesquisas sem o devido consentimento dos voluntários;
- Os materiais e os dados obtidos ao final da pesquisa serão arquivados sob a responsabilidade ***Marcos Vivian da Rocha Tolentino***, portador do Registro Geral (RG) nº 1.672.311 / SSP-PI, da área do Programa PROFMAT do IFPI, *Campus Floriano*; que também será responsável pelo descarte dos materiais e dados, caso os mesmos não sejam estocados ao final da pesquisa;
- Não há qualquer acordo restritivo à divulgação pública dos resultados. Os resultados da pesquisa serão tornados públicos através de publicações em periódicos científicos e/ou em encontros científicos, quer sejam favoráveis ou não, respeitando-se sempre a privacidade e os direitos individuais dos sujeitos da pesquisa;
- O CEP-UFPI será comunicado da suspensão ou do encerramento da pesquisa por meio de relatório apresentado anualmente ou na ocasião da suspensão ou do encerramento da pesquisa com a devida justificativa;
- O CEP-UFPI será imediatamente comunicado se ocorrerem efeitos adversos resultantes desta pesquisa com o voluntário;
- Esta pesquisa ainda não foi total ou parcialmente realizada.

Pesquisador responsável

_____

Marcos Vivian da Rocha Tolentino
IFPI-Instituto Federal do Piauí- Campus Floriano
Mestrado Profissional em Matemática

Pesquisador assistente

_____

Guilherme Luiz de Oliveira Neto
IFPI-Instituto Federal do Piauí-Campus Floriano
Professor Doutor

Pesquisador assistente

_____

Ronaldo Campelo da Costa
IFPI-Instituto Federal do Piauí-Campus Picos
Professor Doutor

ANEXO V - DECLARAÇÃO DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos o pesquisador Marcos Vivian da Rocha Tolentino, desenvolver o Projeto de Pesquisa "**A CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO**", sob orientação do professor Dr. Guilherme Luiz de Oliveira Neto, cujo objetivo geral é criar instrumentos de baixo custo para realização de atividades experimentais nas turmas de educação básica. Conforme informações contidas no projeto apresentado, a execução das atividades está prevista para os meses de fevereiro, março e abril de 2026.

A aceitação está condicionada ao cumprimento dos pesquisadores aos requisitos das Resoluções CNS nº 466/12, CNS nº 510/16 e CNS nº 580/18, comprometendo-se a utilizar os dados e materiais coletados, exclusivamente para os fins da pesquisa, bem como apresentar cópia do trabalho desenvolvido com o parecer de um Comitê de Ética em Pesquisa ao Colégio Técnico de Floriano - CTF/UFPI.

Floriano-PI, ___ de _____ de 2025.

FRANCIMEIRY SANTOS CARVALHO
DIRETORA
Matrícula: 1733215

ANEXO VI - CARTA DE ENCAMINHAMENTO AO COMITÊ DE ÉTICA

Floriano-PI, ___ /___/2025

Profa. Dra. Rute Irene Cláudio Crispim
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa da CEP-UFPI/CAFS

Cara Profa.,

Estamos enviando o projeto de pesquisa intitulado **A CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO**, para a apreciação por este comitê.

Confirmo que todos os pesquisadores envolvidos nesta pesquisa realizaram a leitura e estão cientes do conteúdo da resolução 466/12 do CNS e das resoluções complementares à mesma (240/97, 251/97, 292/99 e 340/2004).

Confirmo também:

1- que esta pesquisa ainda não foi iniciada,
2- que não há participação estrangeira nesta pesquisa,
3- que comunicarei ao CEP-UFPI/CAFS os eventuais eventos adversos ocorridos com o voluntário,
4- que apresentarei relatório anual e final desta pesquisa ao CEP-UFPI/CAFS,
5- que retirarei por minha própria conta os pareceres e o certificado junto à secretaria do CEP-UFPI/CAFS.

Atenciosamente,

Pesquisador responsável.: Marcos Vivian da Rocha Tolentino
Curso de Mestrado Profissional em Matemática/IFPI-Campus Floriano

Pesquisador assistente.: Guilherme Luiz de Oliveira Neto
Professor Doutor do Instituto Federal do Piauí-IFPI- Campus Floriano

Pesquisador assistente.: Ronaldo Campelo da Costa
Professor Doutor do Instituto Federal do Piauí-IFPI- Campus Picos

ANEXO VII - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

PESQUISA: A CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO
PESQUISADOR RESPONSÁVEL: *Marcos Vivian da Rocha Tolentino*
CIDADE: Floriano-PI
UNIDADE: Colégio Técnico de Floriano - CTF/UFPI

ATIVIDADES	2024.1						2024.2						2025.1						2025.2						2026.1						2026.2					
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Disciplinas para obtenção de créditos		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■													
Elaboração do Projeto																				■	■	■														
Apresentação do Projeto																						■														
Revisão bibliográfica																						■	■	■	■	■	■									
Submissão do projeto ao CEP																							■	■	■	■										
Aplicação do projeto																										■	■	■	■	■						
Coleta de dados																										■	■	■	■	■						
Análise de dados																														■	■	■	■	■		
Relatório parcial																																■				
Redação da dissertação																														■	■	■	■	■		
Relatório final																																			■	
Apresentação da dissertação																																			■	

Floriano-PI, 12 / 01 /2026

Pesquisador responsável.: Marcos Vivian da Rocha Tolentino
Mestrando Profissional em Matemática/IFPI-Campus Floriano

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
IFPI – CAMPUS FLORIANO
Rua Francisco Urquiza Machado, 462, Bairro Campo Velho - CEP: 64.808-475.

ANEXO VIII - ORÇAMENTO

PESQUISA: A CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO
PESQUISADOR RESPONSÁVEL: *Marcos Vivian da Rocha Tolentino*
CIDADE: Floriano-PI
UNIDADE: Colégio Técnico de Floriano - CTF/UFPI

A pesquisa será realizada exclusivamente com recursos próprios do pesquisador principal, ficando as instituições envolvidas livres de quaisquer investimentos ou pagamentos que sejam necessários para a realização da pesquisa. Os itens necessários estão destacados em tabela:

Itens / despesas	Quantidade	Valor
Notebook	1 unidade	R$ 2.850,00
Celular	1 unidade	R$ 4.250,00
Impressões em geral	80 cópias	R$ 440,00
Transferidor	40 unidades	R$ 60,00
Internet	12 meses	R$ 1.188,00
Canudo 25cm	60 unidades	R$ 22,00
Barbante	1 quilo	R$ 40,00
Combustível	20 litros	R$ 129,80
Tesouras	10 unidades	R$ 100,00
Material de estudo	40 cópias	R$ 220,00
Borracha	40 unidades	R$ 15,00
Total		R$ 9.314,80

Floriano-PI, 10 / 10 /2025

Pesquisador responsável

Marcos Vivian da Rocha Tolentino
IFPI-Instituto Federal do Piauí- Campus Floriano
Mestrado Profissional em Matemática

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
IFPI – *CAMPUS* FLORIANO
Rua Francisco Urquiza Machado, 462, Bairro Campo Velho - CEP: 64.808-475.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ/CAMPUS AMÍLCAR FERREIRA SOBRAL - UFPI

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A construção de instrumentos de baixo custo para o ensino da matemática numa turma do ensino médio

Pesquisador: MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 92905725.3.0000.5660

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO PIAUI

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 8.161.341

Apresentação do Projeto:

Pesquisa com objetivo geral de criar instrumentos para trabalhar experimentalmente os conteúdos estudados em sala de aula, na turma de terceiro ano do ensino médio, do curso de técnico em agente comunitário de saúde, no Colégio Técnico de Floriano (CTF). O foco na criação e experimentação, serve para tornar mais atrativo ao adolescente a aquisição deste conhecimento. A abordagem metodológica utilizada, será mista, ou seja, pesquisa qualitativa, com observações durante a introdução do assunto e quantitativa, com a utilização de dados numéricos para análise e interpretação oriundos de questionários. Como resultado da pesquisa espera-se que os alunos participantes adquiram habilidades e conhecimento suficientes acerca do sistema de massa-mole, princípio fundamental da dinâmica e trigonometria.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral

- Criar instrumentos de baixo custo para realização de atividades experimentais em uma turma de educação básica.

Objetivos Específicos

- Proporcionar ao estudante do ensino médio uma melhor assimilação do conteúdo teórico através de experimentos;
- Orientar os estudantes do ensino médio a construir seu próprio instrumento para realização

Endereço: Campus Amilcar Ferreira Sobral, KM 343, bloco superior
Bairro: Meladão **CEP:** 64.808-605
UF: PI **Município:** FLORIANO
Telefone: (89)2221-2731 **Fax:** (89)3522-2716 **E-mail:** cepcafs@ufpi.edu.br

de experimentos;
- Criar instrumento para realização de experimentos do sistema massa-mola;
- Criar instrumento para realização de experimentos do Princípio Fundamental da Dinâmica;
- Criar instrumentos para realização de experimentos de Trigonometria.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:
Riscos foram indicados, bem como serão contornados. Os benefícios também foram apresentados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:
Pesquisa relevante, que tem como proposta a elaboração de instrumentos de baixo custo para aprendizagem dos conteúdos de sistema massa-mola, princípio fundamental da dinâmica e trigonometria da área de matemática.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:
Todos os termos foram apresentados.

Recomendações:
Nenhuma recomendação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:
Todas as pendências descritas em parecer anterior foram atendidas, de forma que a pesquisa está apta a ser realizada no que tange aos aspectos éticos.

Considerações Finais a critério do CEP:
De acordo com a análise realizada, os pesquisadores devem:
- Informar que qualquer modificação pretendida no projeto original, deverá ser comunicada previamente ao CEP/CAFS.
- Enviar relatório parcial no curso da pesquisa e final ao seu término, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo ¿relatório¿ para que sejam devidamente apreciadas no CEP, conforme explicitado no Manual Operacional para Comitês de Ética em Pesquisa item 10, §2, 2007.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ/CAMPUS AMÍLCAR FERREIRA SOBRAL - UFPI

Continuação do Parecer: 8.161.341

Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2668096.pdf	12/01/2026 16:51:24		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	02_PROJETO_DE_PESQUISA_PROFMAT_2025.docx	12/01/2026 16:50:46	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	02_PROJETO_DE_PESQUISA_PROFMAT_2025.pdf	12/01/2026 16:50:27	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	04_TALE_CEP_CAFS_UFPI.pdf	12/01/2026 16:49:44	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	03_TCLE_CEP_CAFS_UFPI.pdf	12/01/2026 16:48:56	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
Cronograma	Cronograma_de_Execucao.pdf	12/01/2026 16:47:32	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
Outros	09_TERMO_DE_AUTORIZACAO_DE_USO_DE_IMAGEM_E_DEPOIMENTOS.pdf	12/01/2026 16:45:58	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	12/01/2026 16:44:34	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Ronaldo_Campelo_da_Costa.pdf	10/10/2025 11:27:19	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Guilherme_Luiz_de_Oliveira_Neto.pdf	10/10/2025 11:27:01	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Marcos_Vivian_da_Rocha_Tolentino.pdf	10/10/2025 11:22:03	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
Declaração de concordância	07_Termo_de_Autorizacao_Institucional_Floriano.pdf	10/10/2025 10:46:04	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_assinado_Assinado.pdf	10/10/2025 10:44:58	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
Outros	06_CARTA_ENCAMINHAMENTO_CEP.pdf	10/10/2025 10:40:18	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	01_Declaracao_dos_pesquisadores.pdf	10/10/2025 10:36:04	MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO	Aceito

Endereço: Campus Amilcar Ferreira Sobral, KM 343, bloco superior
Bairro: Meladão **CEP:** 64.808-605
UF: PI **Município:** FLORIANO
Telefone: (89)2221-2731 **Fax:** (89)3522-2716 **E-mail:** cepcafs@ufpi.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ/CAMPUS AMÍLCAR FERREIRA SOBRAL - UFPI

Continuação do Parecer: 8.161.341

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

FLORIANO, 09 de Fevereiro de 2026

Assinado por:
Rute Irene Claudio Crispim
(Coordenador(a))

Endereço: Campus Amilcar Ferreira Sobral, KM 343, bloco superior
Bairro: Meladão **CEP:** 64.808-605
UF: PI **Município:** FLORIANO
Telefone: (89)2221-2731 **Fax:** (89)3522-2716 **E-mail:** cepcafs@ufpi.edu.br

E-BOOK

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

CONSTRUÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO PARA EXPERIMENTOS MATEMÁTICOS

PRODUZIDO POR

MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO

PROFMAT

INSTITUTO FEDERAL
Piauí

CONSTRUÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO PARA EXPERIMENTOS MATEMÁTICOS

MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO
GUILHERME LUIZ DE OLIVEIRA NETO
RONALDO CAMPELO DA COSTA

DIAGRAMAÇÃO E ILUSTRAÇÕES

MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO

1ª EDIÇÃO - 2026

PROFMAT

INSTITUTO FEDERAL
Piauí

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Tolentino, Marcos Vivian da Rocha
Construção de materiais didáticos de baixo custo para experimentos matemáticos [livro eletrônico] / Marcos Vivian da Rocha Tolentino, Guilherme Luiz de Oliveira Neto, Ronaldo Campelo da Costa. -- Floriano, PI : Ed. dos Autores, 2026. -- (Sequência didática)
PDF

Bibliografia.
ISBN 978-65-02-38168-7

1. Educação matemática 2. Matemática - Estudo e ensino 3. Material didático - Elaboração I. Oliveira Neto, Guilherme Luiz de. II. Costa, Ronaldo Campelo da. III. Título IV. Série.

26-397837.0 CDD-510.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Material didático : Elaboração : Matemática : Estudo e ensino 510.7

Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Todos os direitos reservados. De acordo com a Lei no. 9.610, de 19/02/1998, nenhuma parte deste livro pode ser fotocopiada, gravada, reproduzida ou armazenada num sistema de recuperação de informação ou transmitida sob qualquer forma, por meio eletrônico ou mecânico, sem prévio consentimento do autor.

FICHA TÉCNICA

PRODUTO EDUCACIONAL

TÍTULO DO E-BOOK

CONSTRUÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO PARA EXPERIMENTOS MATEMÁTICOS

ORIGEM

Trabalho de dissertação, do programa Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) – Instituto Federal do Piauí (IFPI), intitulado "A CONFECÇÃO E APLICAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA EM UMA TURMA DO ENSINO MÉDIO ".

AUTORES

MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO
GUILHERME LUIZ DE OLIVEIRA NETO
RONALDO CAMPELO DA COSTA

INTITUIÇÃO

Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Floriano-PI.

ÁREA

Educação Matemática.

OBJETIVO

Criar materiais didáticos de baixo custo para realização de atividades experimentais nas turmas de educação básica, a partir de atividades práticas e interativas, com materiais didáticos específicos, buscando aproximar os estudantes de tópicos matemáticos desafiadores, promovendo o interesse pela disciplina, conforme desenvolvido na dissertação.

CATEGORIA

Produto Educacional – Sequência Didática (intervenção pedagógica) estruturado como guia para professores e materiais didáticos, através de temas sugestivos de aulas, atividades práticas, diagnósticas e grupais, orientações ao professor e recursos visuais.

DISPONIBILIDADE

Irrestrita para fins educacionais, preservando-se os direitos autorais e a proibição de uso comercial, mediante citação da autoria.

PALAVRAS-CHAVE

Sistema massa-mola; Princípio Fundamental da Dinâmica; Trigonometria; Modelagem Matemática; Educação Matemática.

IDIOMA/PAÍS

Português/Brasil.

ANO

2026

ILUSTRAÇÕES

Com exceção das ilustrações elaboradas pelo autor, todas as demais foram geradas pela Inteligência Artificial GOOGLE GEMINI.

APÓS UMA LONGA JORNADA DE VALOROZOS APRENDIZADOS, DEDICO ESTE TRABALHO À DEUS, SUSTENTÁCULO DE TUDO; AOS MEUS FAMILIARES; MESTRES E AMIGOS.



APRESENTAÇÃO

Sejam muito bem-vindos!

Este Guia Pedagógico surge para auxiliar educadores em matemática através da realização de experimentos, com materiais didáticos de baixo custo. Queremos colaborar para que as salas de aula se tornem ambientes vivos de cooperação, descoberta e protagonismo juvenil — onde cada estudante aprende a construir seu próprio material didático experimental para ajudar a concretizar os conceitos aprendidos em sala de aula.

Este Produto Educacional está vinculado à dissertação intitulada "A CONFECÇÃO E APLICAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DA MATEMÁTICA NUMA TURMA DO ENSINO MÉDIO ", desenvolvida no âmbito do IFPI/PROFMAT. A proposta foi construída a partir de uma intervenção pedagógica composta por 05 encontros, distribuídos em 12 aulas do horário escolar, preservando-se a identidade dos participantes da pesquisa conforme as exigências éticas. Ao longo do percurso, foram articuladas etapas de diagnóstico, introdução ao contexto histórico, construção e aplicação dos materiais didáticos, discussão e análise dos resultados e uma avaliação final.

QUAL É A PROPOSTA DESTE MATERIAL?

Este Produto Educacional apresenta uma proposta de sequência didática que integra Matemática conceitual e a prática educacional. O material foi construído com base em uma prática pedagógica desenvolvida em sala de aula (3º Ano do Ensino Médio), com foco na aplicação de metodologias ativas, como a Modelagem Matemática, buscando tornar o ensino mais participativo e palpável. Foi desenvolvido no sentido de minimizar os efeitos de um ensino estritamente tecnicista, oferecendo ao(à) professor(a) um roteiro didático que privilegia uma aprendizagem autônoma, criatividade e significativa. Entende-se, portanto, que as etapas propostas podem e devem ser adaptadas às condições da turma, do tempo disponível e dos recursos da escola, mantendo-se o princípio estruturante do material.

O QUE SERÁ ENCONTRADO AQUI?

Ao longo deste e-book, você encontrará:

- Uma sequência didática organizada por etapas;
- Propostas de construção de materiais didáticos de baixo custo;
- Orientações para aplicação em sala de aula;

O material foi pensado para ser utilizado como apoio ao professor, podendo ser adaptado conforme a realidade de cada turma dos anos finais do Ensino Médio.

COMO A REALIDADE LOCAL É TRABALHADA NA PROPOSTA?

A proposta considera as dificuldades das escolas públicas, da cidade de Floriano no Piauí, na escassez de recursos para aquisição de materiais didáticos para realização de experimentos. A realidade das escolas é a ausência de laboratórios de matemática, e quando possui o espaço, esbarra na sua montagem. A partir desta realidade, são desenvolvidas atividades que demonstram uma maneira de construir materiais didáticos de baixo custo para transposição dos conceitos aplicados em práticas mais atrativas. Essa aproximação contribui para tornar o conteúdo mais atrativo e facilita a compreensão dos conceitos matemáticos aplicados no dia a dia.

PARA QUEM É ESTE E-BOOK?

Este material foi desenvolvido especialmente para:

- Professores de Matemática da Educação Básica;
- Professores de Física da Educação Básica;
- Professores que desejam desenvolver projetos integrados aos componentes da BNCC e de seus temas transversais;
- Coordenadores pedagógicos;
- Educadores interessados em práticas pedagógicas mais contextualizadas.
- Alunos em geral que possuem autonomia no desenvolvimento dos estudos.

COMO ESTE MATERIAL ESTÁ ORGANIZADO?

O e-book está estruturado de forma progressiva, apresentando:

- A contextualização de cada proposta;
- A descrição das etapas da sequência didática;
- As orientações para criação dos materiais didáticos;
- As orientações para aplicação em sala de aula;
- As atividades sugeridas para cada momento do processo.

QUAL É O OBJETIVO DESTE E-BOOK?

Apresentar uma proposta didática com orientações para criação de materiais didáticos de baixo custo para realização de atividades experimentais nas turmas de educação básica, a partir de atividades práticas e interativas, com recursos específicos, buscando aproximar os estudantes de tópicos matemáticos desafiadores, promovendo o interesse pela disciplina.

UM CONVITE AO PROFESSOR

Este e-book é um convite para repensar a prática pedagógica, aproximando os conceitos matemáticos à realidade dos alunos, valorizando a experimentação científica. Mais do que apresentar uma proposta, este material busca apoiar o professor na construção de aulas mais dinâmicas e participativas, desmistificando a complexidade e demonstrando a importância da matemática de forma prática.

SUMÁRIO

1.MODELAGEM COMO MÉTODO CIENTÍFICO 08

1.1 OBSTÁCULOS DA MODELAGEM MATEMÁTICA 09
1.2 BNCC 10
1.3 A MODELAGEM MATEMÁTICA E A BNCC 11

2.AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 14

3.A JORNADA DO TEODOLITO-DA HISTÓRIA À SALA DE AULA 16

3.1 CONTEXTO HISTÓRICO 19
3.2 CONSTRUÇÃO DO TEODOLITO 22
3.3 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 28
3.4 RESULTADO E DISCUSSÕES 30

4.A JORNADA DO SISTEMA MASSA-MOLA-DA HISTÓRIA À SALA DE AULA 31

4.1 CONTEXTO HISTÓRICO 34
4.2 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA MASSA MOLA 36
4.3 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 38
4.4 RESULTADO E DISCUSSÕES 39

5.JORNADA DO PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA-DA HISTÓRIA À SALA DE AULA 41

5.1 CONTEXTO HISTÓRICO 44
5.2 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DO PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA 45
5.3 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO 47
5.4 RESULTADO E DISCUSSÕES 48

6.CONSIDERAÇÕES FINAIS 50

7.DOS AUTORES 52

REFERÊNCIAS 56

1

MODELAGEM COMO MÉTODO CIENTÍFICO



O distanciamento entre estudantes e determinados objetos de conhecimento constitui uma preocupação recorrente na Educação Matemática. Não compreender a utilidade dos conceitos estudados gera desmotivação, na qual o conhecimento é entendido apenas como um conjunto de regras teóricas e abstratas. Nesse contexto, atribuir significado aos conteúdos e relacioná-los a situações investigáveis torna-se um desafio relevante para a prática docente.

Portanto, o ensino mecânico precisa ser superado pelas investigações práticas, alinhando-se às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular-BNCC (Brasil, 2018), que preconiza a capacitação do aluno para interpretar e resolver problemas do mundo real de forma funcional.

Nessa linha, uma maneira de quebrar com essa estrutura de mera reprodução técnica, é recorrer à Modelagem Matemática como uma estratégia educacional, unindo a teoria à prática e invertendo a lógica do desinteresse.

Essa transformação de problemas do mundo real em problemas matemáticos, faz com que o pesquisador e/ou estudante não busque apenas soluções numéricas ou simbólicas mas, também interprete essas soluções, compreenda e intervenha na realidade, evidenciando o caráter ativo e investigativo da Matemática.

A Modelagem Matemática é uma metodologia que vai além da aplicação de fórmulas, exige a compreensão profunda do fenômeno estudado, identificação de variáveis relevantes e tradução em modelos matemáticos adequados, envolvendo raciocínio lógico, criatividade e pensamento crítico. Após a produção do modelo, a interpretação das soluções permite avaliar sua fidelidade ao mundo real e sua aplicabilidade, garantindo que os resultados sejam úteis para as tomadas de decisões. Desta maneira, a Modelagem Matemática atua como um elo entre teoria e prática, dando mais significado ao conhecimento matemático, fortalecendo habilidades interpretativas na resolução de problemas e desenvolvendo competências essenciais para o pensamento crítico e a atuação cidadã.

1.1 OBSTÁCULOS DA MODELAGEM MATEMÁTICA

Nem tudo é perfeito e nem há solução para todos os problemas, a aplicação da Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem em cursos regulares enfrenta diversos obstáculos.

Existem também os obstáculos relacionados aos estudantes, uma vez que a aplicação da Modelagem Matemática exige uma mudança de postura no processo de ensino e aprendizagem: o estudante assume o papel central da construção do saber e o professor deixa de ser apenas o transmissor de conhecimento. Além disso, os próprios professores às vezes assumem papel de obstáculo na aplicação desta metodologia, muitas vezes por falta de familiaridade com o método, ou pela necessidade de aplicação em determinados assuntos que não tem domínio, ou talvez a própria limitação do tempo para cumprir a grade curricular estabelecida.

Como dito, a falta de familiaridade com o método, ponto crucial para o sucesso da proposta, muitas vezes serve de barreira pelo próprio professor, já que ele precisa dominar não apenas os conteúdos matemáticos, como também as estratégias de mediação, condução de projetos e articulação interdisciplinar.

Embora apresente potencial pedagógico, a Modelagem Matemática também enfrenta obstáculos quando incorporada ao ensino regular. Bassanezi (2023) destaca os obstáculos institucionais, especialmente no que se refere à integração com outras áreas do conhecimento, o que, por vezes, é percebido como um desvio do caráter tradicional da Matemática.

Por fim, uma importante barreira a ser destacada é a disponibilidade de tempo, seja do professor ou do aluno, já que a aplicação metodológica da modelagem matemática, requer investigação, discussão, validação de hipóteses e reflexão, ou seja, etapas que requerem dedicação e planejamento. D'Ambrosio destaca que, "o fundamental não é mudar o arranjo de móveis na sala, mas mudar a atitude do professor" (D'Ambrósio, 1996, p. 106).

Mesmo com tantos obstáculos, a Modelagem matemática se apresenta como uma metodologia inovadora e com relevante contribuição para o fortalecimento do ensino, ampliando o leque de possibilidades didáticas para o processo de ensino-aprendizagem.

1.2 BNCC

A BNCC trata-se de um marco normativo para a educação brasileira, estabelece referenciais comuns no sentido de promover uma maior equidade no sistema educacional. Seu objetivo principal é assegurar a todos os estudantes, independentemente da região ou do contexto socioeconômico, acesso a um conjunto de competências e habilidades essenciais à formação humana integral (Brasil, 2018, p. 7).

É, portanto, um instrumento legal, orientador, que assegura unidade nacional considerando as especificidades locais, fortalecendo a construção de um currículo estruturado, progressivo, comprometido com a formação integral do educando e com o exercício da cidadania (Brasil, 2018, p. 468). Fundamenta as políticas relativas à formação inicial e continuada de professores, aos processos avaliativos e à produção de materiais e conteúdos educacionais.



A BNCC organiza-se em dez Competências Gerais a serem desenvolvidas ao longo da Educação Básica, que pretendem assegurar, como resultado do seu processo de aprendizagem e desenvolvimento, uma formação humana integral que vise à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (Brasil, 2018, p. 25).

Sobre a organização por etapas da BNCC, a Educação Infantil estrutura-se por campos de experiência, os quais orientam as práticas pedagógicas voltadas ao desenvolvimento integral da criança. No Ensino Fundamental, organiza-se por áreas do conhecimento, sendo: Linguagens (integrada por Língua Portuguesa, Arte, Educação Física e Língua Inglesa); Matemática; Ciências da Natureza; Ciências Humanas (Geografia e História); e Ensino Religioso. No Ensino Médio, a organização por áreas é mantida, sendo inserido os itinerários formativos e à formação técnica e profissional, de acordo com a proposta de flexibilização curricular e aprofundamento das trajetórias formativas dos estudantes.

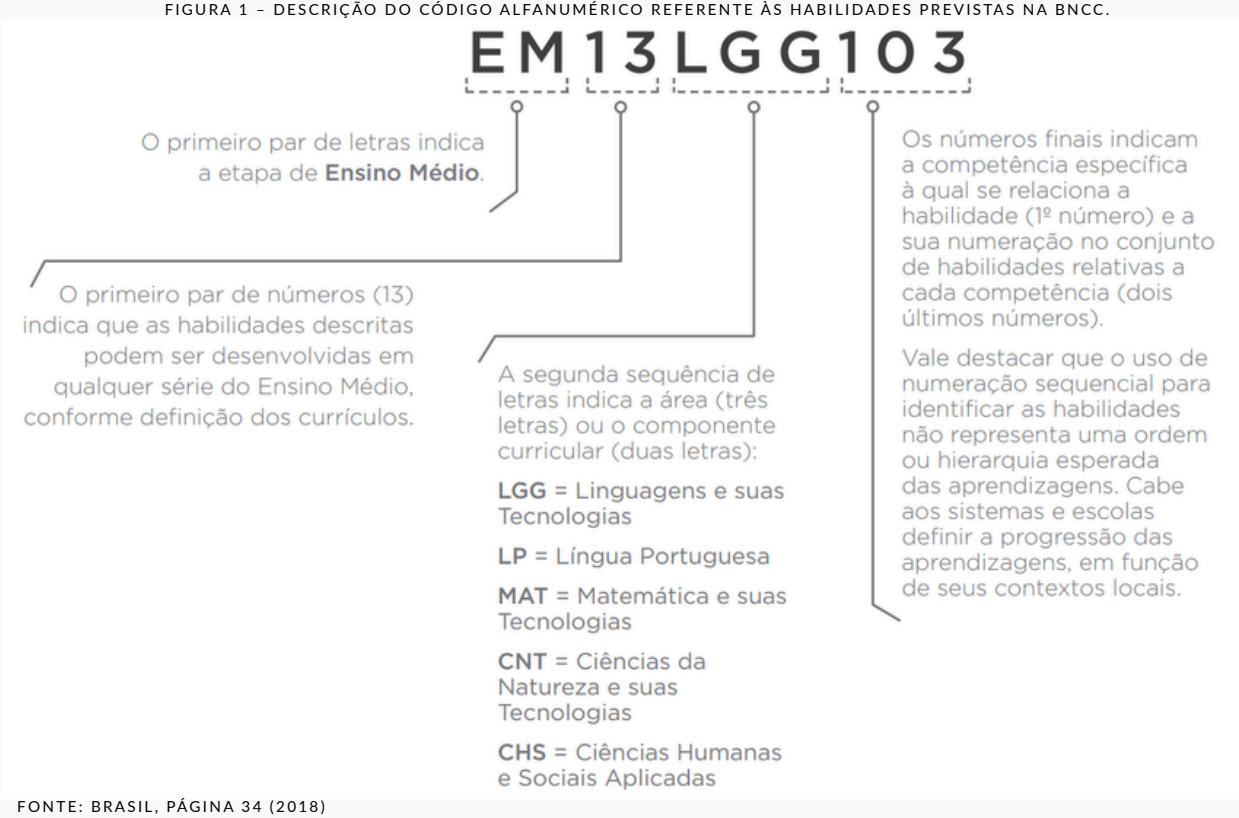
Para cada área do conhecimento são estabelecidas competências específicas, desdobradas em habilidades associadas a diferentes objetos de conhecimento e unidades temáticas (Brasil, 2018, p. 28). Essa organização favorece o planejamento docente e o acompanhamento das aprendizagens.

No Ensino Médio, a estrutura da BNCC muda em relação ao Ensino Fundamental: desaparecem as "unidades temáticas" divididas por anos. Em vez disso, a Matemática é tratada como uma área única (Matemática e suas Tecnologias), dividida em Competências Específicas e Habilidades que são desenvolvidas ao longo dos três anos.

Na Figura 1, é ilustrado um exemplo de como a BNCC identifica as habilidades a serem trabalhadas ao longo de todo o Ensino Médio, através de um código alfanumérico evidenciando o rigor e a sistematização adotados pelo documento.

De acordo com esse critério, apresentado na Figura 1, as duas primeiras letras correspondem à etapa do Ensino Médio, o primeiro par de números refere-se ao bloco de anos, o segundo par de letras indica o componente curricular e o último par de números, indica a posição da habilidade na numeração sequencial.

FIGURA 1 – DESCRIÇÃO DO CÓDIGO ALFANUMÉRICO REFERENTE ÀS HABILIDADES PREVISTAS NA BNCC.



FONTE: BRASIL, PÁGINA 34 (2018)

Observa-se que a estrutura da BNCC está organizada segundo critérios claros de sistematização e progressão das aprendizagens, o que permite a localização clara das etapas, anos escolares, componentes curriculares e habilidades correspondentes. Toda esta organização favorece a coerência interna da normativa e principalmente, contribui para o planejamento pedagógico, a articulação entre currículo, avaliação e formação docente e a progressão dos estudantes.

1.3 A MODELAGEM MATEMÁTICA E A BNCC

A BNCC, vem procurando sempre aproveitar todo o potencial dos estudantes, durante todo o percurso e baseado nas etapas cognitivas, na área de Matemática e suas Tecnologias especificamente, novos conhecimentos específicos devem estimular processos mais elaborados de reflexão e de abstração, que deem sustentação a modos de pensar que permitam aos estudantes formular e resolver problemas em diversos contextos com mais autonomia e recursos matemáticos.(Brasil, 2018, p. 529).

> Para que esses propósitos se concretizem nessa área, os estudantes devem desenvolver habilidades relativas aos processos de investigação, de construção de modelos e de resolução de problemas. Para tanto, eles devem mobilizar seu modo próprio de raciocinar, representar, comunicar, argumentar e, com base em discussões e validações conjuntas, aprender conceitos e desenvolver representações e procedimentos cada vez mais sofisticados. (Brasil, 2018, 4ª versão, p. 529).

Isto posto, percebe-se que a Modelagem vai de encontro ao compromisso da BNCC com o desenvolvimento de competências específicas, ao propor que os estudantes desenvolvam habilidades relativas aos processos de investigação, de construção de modelos e de resolução de problemas.

Segundo a BNCC, a Matemática desempenha papel fundamental na formação do cidadão, na medida em que favorece o desenvolvimento do pensamento crítico, da capacidade de argumentação e da resolução de problemas em diferentes contextos sociais.

Observa-se que os princípios que fundamentam a Modelagem Matemática já apresentados, servem de elo entre teoria e prática, dando mais significado ao conhecimento matemático, fortalecendo habilidades interpretativas na resolução de problemas e desenvolvendo competências essenciais para o pensamento crítico e a atuação cidadã, estes princípios encontram-se presentes nas competências e habilidades propostas pela BNCC.

Logo, mesmo que a Modelagem Matemática não seja diretamente abordada na BNCC, seus pressupostos vão de encontro com as Competências Gerais previstas no texto normativo, principalmente no que é frisado sobre a formação de sujeitos críticos e capazes de intervir, por meio da linguagem matemática, na realidade em que vive.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

CAMINHOS PARA A PRÁTICA

A PARTIR DESTE PONTO VOCÊ SERÁ APRESENTADO AO ROTEIRO SEGUIDO PELO PESQUISADOR DURANTE O TRABALHO DA DISSERTAÇÃO.

O MATERIAL FOI PENSADO PARA SER UTILIZADO COMO APOIO AO PROFESSOR, PODENDO SER ADAPTADO CONFORME A REALIDADE DE CADA TURMA DOS ANOS FINAIS DO ENSINO MÉDIO.

ENTENDE-SE, PORTANTO, QUE AS ETAPAS PROPOSTAS PODEM E DEVEM SER ADAPTADAS ÀS CONDIÇÕES DA TURMA, DO TEMPO DISPONÍVEL E DOS RECURSOS DA ESCOLA, MANTENDO-SE O PRINCÍPIO ESTRUTURANTE DO MATERIAL.

2

AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA



AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

PARA REALIZAÇÃO DESTA ETAPA FORAM UTILIZADOS 1 ENCONTRO SENDO:

1 AULA PARA APRESENTAÇÃO DA PROBLEMÁTICA A SER INVESTIGADA, OS OBJETIVOS, JUSTIFICATIVA E ROTEIRO DOS ESTUDO;

1 AULA PARA REALIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA.



A avaliação diagnóstica serviu para compreender como a turma estava familiarizada com os temas a serem abordados durante os experimentos. Tal avaliação não possuía nenhum caráter avaliativo muito menos punitivo e os alunos foram orientados a não fazerem qualquer tipo de marcação que os levassem a serem identificados.

A aplicação do instrumento não visou apenas à obtenção de respostas corretas ou incorretas, mas sobretudo à identificação de indícios de como os conhecimentos prévios desenvolvidos pelos estudantes ao longo de sua trajetória escolar estavam consolidados. As informações obtidas serviram de subsídio para orientar o planejamento e a abordagem pedagógica dos encontros subsequentes.

Essa estratégia diagnóstica revela-se fundamental para o planejamento pedagógico, pois possibilita ao docente mapear as lacunas de aprendizagem que requerem intervenção antes da introdução de conceitos mais complexos. Ademais, essa abordagem alinha-se aos princípios de valorização do protagonismo estudantil e de adequação do ensino às necessidades detectadas no grupo.

3

A JORNADA DO TEODOLITO

DA HISTÓRIA À SALA DE AULA



A JORNADA DO TEODOLITO

PARA REALIZAÇÃO DESTA ETAPA FORAM UTILIZADOS 1 ENCONTRO SENDO:

1 AULA PARA APRESENTAÇÃO DO CONTEXTO HISTÓRICO DO CONTEÚDO A SER ESTUDADO;

1 AULA PARA CRIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO;

1 AULA PARA CÁLCULOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES.



APRESENTAÇÃO DO CONTEXTO HISTÓRICO, AJUDA O ALUNO NA IMERSÃO AO CONTEÚDO.

Hiparco de Nicéia:
O Pai da Trigonometria



Hiparco de Nicéia: O Pai da Trigonometria

No século II a.C., ele criou a primeira tabela trigonométrica para catalogar estrelas.







Instrumentos de Medição Ancestrais

Desde o Papiro de Ahmes (1650 a.C.) até a Groma romana para alinhar estradas.



Do Astrolábio ao Teodolito Moderno

O termo "theodolitus" foi cunhado no século XVI por Leonard Digges para navegação.





Teodolito Caseiro e Aplicação Prática





Baixo Custo para a Educação

Um instrumento funcional pode ser construido com apenas R$ 4,31 por aluno.

Experimento de Campo: Medindo o Inacessível

Alunos utilizam o dispositivo para calcular a altura de estruturas, como caixes d'água.

Item	Valor (R$)
Transferidor	R$ 3,35
Borracha	R$ 0,75
Canudo (Unitário)	R$ 0,08
Linha de anzol (1m)	R$ 0,13
Total	**R$ 4,31**



Rompendo a Abstração Matemática

A construção manual ajuda a

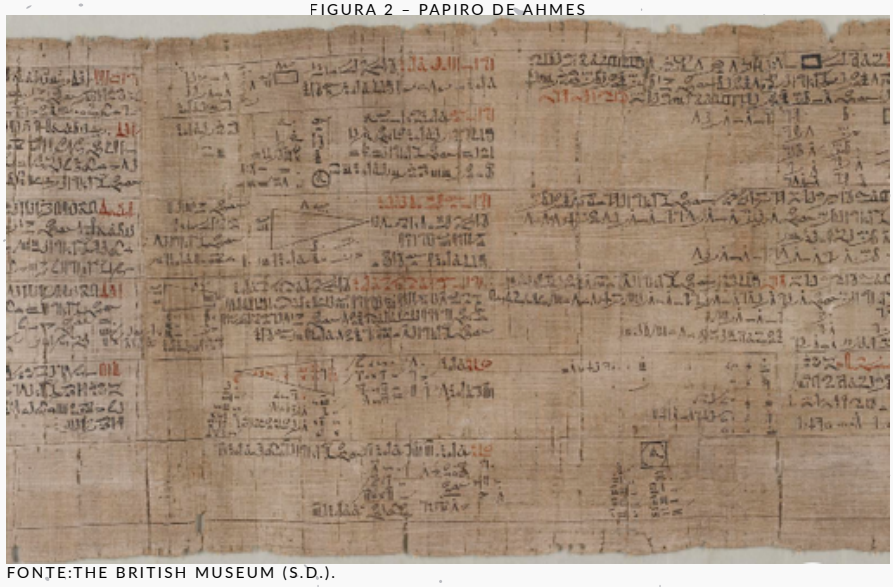
3.1 CONTEXTO HISTÓRICO

O termo trigonometria deriva das palavras gregas trígonos (triângulo) e métron (medida). A trigonometria, como os outros ramos da matemática, não foi obra de um só homem ou nação. Com os gregos pela primeira vez encontramos um estudo sistemático de relações entre ângulos (ou arcos) num círculo e os comprimentos das cordas que os subentendem (Boyer, 2010, pg 108).

Seus primeiros registros são datados por volta de 1650 a.C., o Papiro de Ahmes, do Egito Antigo, representado na Figura 2, contendo 84 problemas matemáticos (Boyer, 2010, pg 8).

Temos também, a tábua cuneiforme Plimpton 322 (Figura 3), feita de argila, período babilônico, contendo uma tabela de 15 linhas e 4 colunas, com valores relacionados a secantes, obtidos por meio de triângulos semelhantes.

FIGURA 2 – PAPIRO DE AHMES



FONTE:THE BRITISH MUSEUM (S.D.).

Este artefato encontra-se na Universidade de Columbia, em Nova York, Estados Unidos, é datado entre 1822 e 1762 a.C. e recebe este nome em virtude de ter pertencido ao editor e filantropo estadunidense George Arthur Plimpton, que em 1936, doou toda a sua coleção de artefatos matemáticos para a Universidade Columbia (Boyer, 2010, pg 24).

FIGURA 3 – TÁBULA DE PLIMPTON



FONTE: VINCIGUERRA (2017).

Devido a limitações documentais, bem como a própria forma como o conhecimento era difundido entre diferentes civilizações, não existe consenso sobre o exato surgimento do conceito de medida de ângulo. No entanto, apesar disto, os gregos desenvolveram estudos sistemáticos sobre as relações entre ângulos e arcos em uma circunferência (Boyer, 2010, pg 108).

Foi na Grécia Antiga que muito do conhecimento de geometria e trigonometria se alavancou nos últimos séculos antes de Cristo, cabendo destacar dois importantes e conhecidos pensadores da época, fundamentais aos estudos de triângulos, Tales de Mileto (624-548 a.C.) e Pitágoras (570 - 495 a.C.). Tales se destacou pelo estudo de semelhança de triângulos e Pitágoras tem seu nome intimamente ligado à relação dos catetos e a hipotenusa em um triângulo retângulo (Berlinghoff, 2010, pg.15).

FIGURA 4 – ESTICADORES DE CORDA NO EGITO



FONTE: UNIVERSITY COLLEGE LONDON (S.D.).

No Egito Antigo, há registros do uso de cordas em procedimentos de medição e demarcação, prática frequentemente associada aos chamados "esticadores de cordas" (Boyer, 2010, p.12), conforme Figura 4.

O astrônomo grego Hiparco de Nicéia (Figura 6), do século II a.C., apresentou tantas descobertas no campo da trigonometria que ganhou o reconhecimento e o título de "pai" da trigonometria. Hiparco foi responsável por construir a primeira tabela trigonométrica relacionada a uma tabela de cordas, sendo que estas cordas foram muito utilizadas em aplicações astronômicas, de modo a contribuir na catalogação de estrelas e em processos de observações da astronomia, como a duração do mês e do ano, tamanho da Lua e ângulo de inclinação eclíptica (Boyer, 2010, pg 110).

Hiparco mediu a distância da terra à lua, sem precisar nem mesmo do diâmetro da Terra. Ele imaginou uma geometria com a qual, durante um eclipse lunar, isto é, quando a Terra fica exatamente entre o Sol e a Lua, seria possível calcular a distância da Terra à Lua. Descobriu a precessão dos equinócios e a possibilidade de dividir um círculo em 360° (Boyer, 2010, pg 110).

Hiparco também construiu um instrumento da qual deu o nome de astrolábio, ele utilizava este instrumento para calcular a posição dos astros a partir de princípios geométricos. Nenhum astrolábio original feito por Hiparco de Nicéia sobreviveu ao tempo, como o astrônomo viveu no século II a.C., todos os aparelhos mecânicos construídos por ele ou por seus contemporâneos na Grécia Antiga se perderam(Teixeira, 2025, p.30).

FIGURA 5 – HIPARCO DE NICÉIA



FONTE: CLUBES DE MATEMÁTICA DA OBMEP (S.D.).

A própria existência de suas invenções e de seu famoso catálogo de estrelas chegou até a atualidade apenas por meio de relatos escritos de historiadores e cientistas posteriores, como Cláudio Ptolomeu (Boyer, 2010, pg 111). Na figura 6, temos o famoso Astrolábio de al-Sahlî, construído em 1067 d.C, pelo renomado artesão islâmico Ibrahim ibn Said al-Sahali e que se encontra preservado no Museu Arqueológico Nacional (M.A.N), localizado em Madri, Espanha.

FIGURA 6 – ASTROLÁBIO DE AL-SAHLÎ (1067)

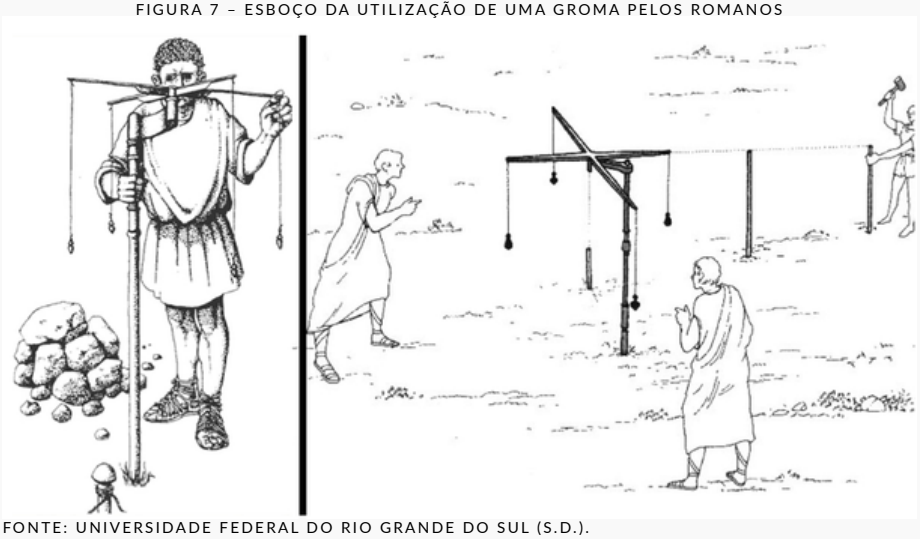


FONTE: MUSEO ARQUEOLÓGICO NACIONAL (S.D.).

A utilização de objetos físicos para a medição e demarcação de territórios acompanha a trajetória da humanidade. Por séculos, esses instrumentos passaram por constantes inovações, alavancando a evolução do conhecimento da matemática de cada época.Além das cordas empregadas em procedimentos de medição, destacam-se instrumentos romanos como a groma (Figura 7), composta por uma haste vertical e elementos de prumo, utilizada em levantamentos e no estabelecimento de alinhamentos e ângulos retos em obras e vias. (Teixeira, 2025, p.42).

Os árabes, no início do século VIII, a partir da tradução de materiais escritos pelos gregos, passaram a utilizar o astrolábio no mundo islâmico, utilizavam para navegações e também para determinar os horários das orações e a localização de Meca, direção para a qual devem se voltar quando rezam.

FIGURA 7 – ESBOÇO DA UTILIZAÇÃO DE UMA GROMA PELOS ROMANOS

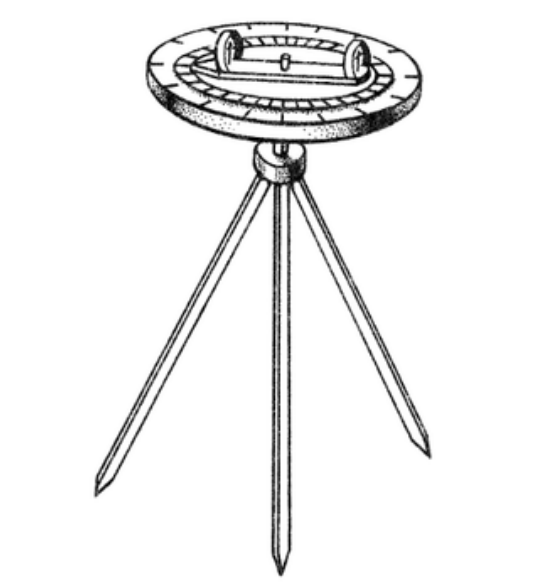


FONTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (S.D.).

Os árabes levaram o astrolábio para a Europa, onde o instrumento foi simplificado e aperfeiçoado com o objetivo de guiar as embarcações que saiam em busca de novas terras.

Todos estes conhecimentos contribuíram para a idealização do atualmente conhecido Teodolito. A palavra "theodolitus" foi cunhada e utilizada pela primeira vez por Leonard Digges em seu livro publicado postumamente por seu filho Thomas Digges, intitulado A Geometrical Practise, Named Pantometria. O teodolito primitivo de Leonard Digges (figura 8), usado por navegadores ingleses no século XVI, no período das grandes navegações, tinha como principal funcionalidade medir ângulos horizontais e verticais do céu, contribuindo para orientação e deslocamentos realizados ao longo na viagens marítimas, algo similar ao Astrolábio, ferramenta criada por Hiparco (Teixeira, 2025, p.43).

FIGURA 8 – TEODOLITO PRIMITIVO DE DIGGES

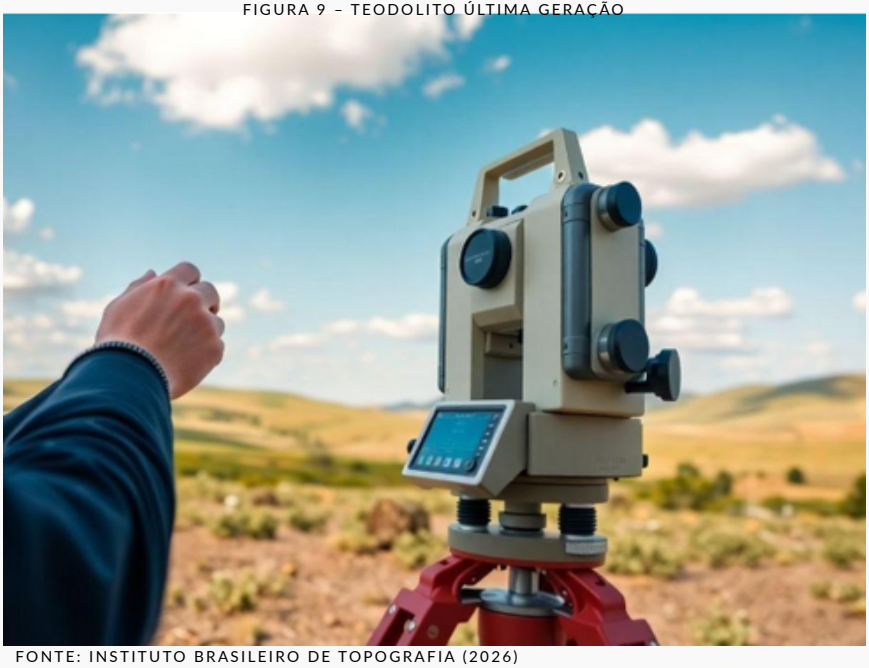


FONTE: UNIVERSITY OF OKLAHOMA (S.D.).

Os teodolitos mais recentes, assim como o primitivo, são montados sobre um tripé com niveladores de estabilidade proporcionando uma liberdade de rotação vertical e horizontal, de modo que o operador do instrumento manuseie e se oriente em duas partes: a mecânica e a óptica, sendo a primeira denominada como “base” e a segunda de “alidarte”. Segundo Silva (2021), a história do teodolito reflete o progresso da ciência e da tecnologia, já que suas melhorias sempre estiveram relacionadas às necessidades práticas de medição precisa em projetos de construção, mapeamento e navegação.

A última geração dos Teodolitos, eletrônicos e digitais, permanecem utilizando tripés mas, possuem telas de LCD, prumos digitais ou a laser e botões de comando para facilitar a leitura rápida de ângulos em campo, operação por baterias recarregáveis de Íons de Lítio (Li-ion) com autonomia para longas jornadas e proteção contra poeira e respingos d'água para trabalho severo em obras. Tudo que possui de mais tecnológico atualmente.

FIGURA 9 – TEODOLITO ÚLTIMA GERAÇÃO



FONTE: INSTITUTO BRASILEIRO DE TOPOGRAFIA (2026)

3.2 CONSTRUÇÃO DO TEODOLITO



CHEGOU A HORA DE CADA ALUNO CONSTRUIR SEU PRÓPRIO TEODOLITO CASEIRO;

MUITAS DÚVIDAS SURGIRÃO E O PROFESSOR PRECISA ESTÁ PREPARADO PARA SANÁ-LAS;

NESTE MOMENTO, A TURMA SE DISPERSA UM POUCO, ALGUNS ALUNOS PEGAM AS ORIENTAÇÕES COM MAIS FACILIDADE DO QUE OUTROS;

É O MOMENTO DE UM ALUNO AJUDAR O COLEGA COM MAIS DIFICULDADE.

A utilização de um teodolito de baixo custo foi planejada como estratégia para articular os conceitos trigonométricos a uma situação de medição indireta, permitindo aos estudantes relacionar os procedimentos matemáticos com a atividade prática.

As atividades práticas de construção e o uso de teodolitos, oportuniza aos estudantes a exploração ativa das propriedades geométricas do triângulo retângulo, bem como suas relações trigonométricas, tornando a aprendizagem mais significativa e interdisciplinar. E, uma aprendizagem mais atrativa pode aumentar o interesse dos estudantes pela matemática e contribuir para o desenvolvimento de suas habilidades.

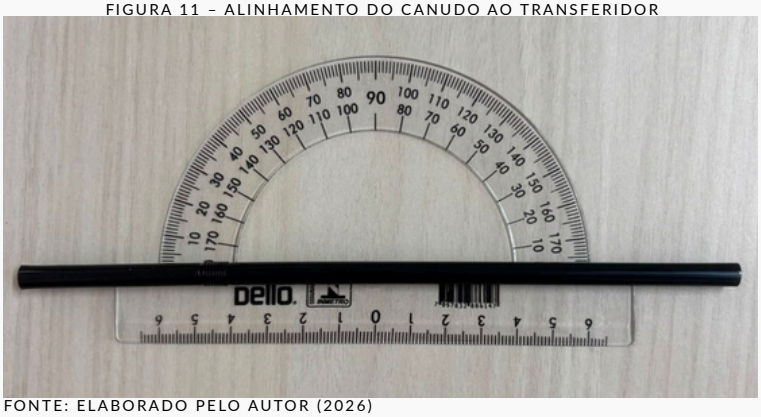
FIGURA 10 – MATERIAL PARA CONSTRUÇÃO DO TEODOLITO CASEIRO



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026).

Existem diversas maneiras de se construir um teodolito, a pesquisa optou pela construção de um teodolito simples, de fácil manuseio e que permitisse a cada estudante dispusesse de seu próprio instrumento. Os materiais para a construção deste material didático compreendem apenas um transferidor de meia volta, uma linha de anzol, uma borracha, um canudo e uma fita crepe, conforme ilustrado na Figura 10.

FIGURA 11 – ALINHAMENTO DO CANUDO AO TRANSFERIDOR



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Os estudantes foram orientados a fixar o canudo horizontalmente, alinhando-o às marcações de 0° e 180° do transferidor, conforme a Figura 11.

FIGURA 12– TEODOLITO CASEIRO PRONTO PARA UTILIZAÇÃO



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Na Figura 12, apresenta-se o material didático montado e pronto para uso. O processo de confecção despertou notável engajamento nos estudantes, que personalizaram seus respectivos teodolitos com identificações nominais e grafismos. Após a montagem e previamente à aplicação em campo, os estudantes foram orientados sobre o manuseio do instrumento, a fim de minimizar dúvidas durante a realização do experimento.

Os custos finais para construção deste material didático foram de R$ 4,31 (quatro reais e trinta e um centavos), detalhados item a item conforme tabela ao lado.

A fita crepe não foi adicionada à tabela, porque na verdade para a construção deste material didático, pode ser utilizado qualquer tipo de fita adesiva. Já o canudo também poderia ser um objeto facilmente encontrado como produto reciclado, mas optou-se por incluí-lo dividindo o seu valor total de compra R$ 8,20 (Oito reais e vinte centavos), pela quantidade de 100 (cem) canudos no pacote, ficando o preço unitário de R$ 0,08 (oito centavos).

Orçamento Individual

Item	Valor (R$)
Transferidor	R$ 3,35
Borracha (30x20x8mm)	R$ 0,75
Canudo (200mm)	R$ 0,08
Linha de Anzol	R$ 0,13
Total	R$ 4,31

Para estimar também o preço do metro da linha de anzol, também optou-se por dividir R$ 13,49 (Treze reais e quarenta e nove centavos) por 100(cem) metros, que era o tamanho de um carretel. Este produto também é substituível por qualquer tipo de linha, localizado facilmente em casa.

Para evitar que a borracha utilizada como pêndulo se soltasse durante as medições devido a um nó malfeito, realizou-se um pequeno furo em seu centro, permitindo uma amarração mais firme. Concluídos esses procedimentos, o material didático estava pronto para uso.



ANTES DE IR À CAMPO, TEM MAIS TRÊS AÇÕES A SEREM FEITAS.

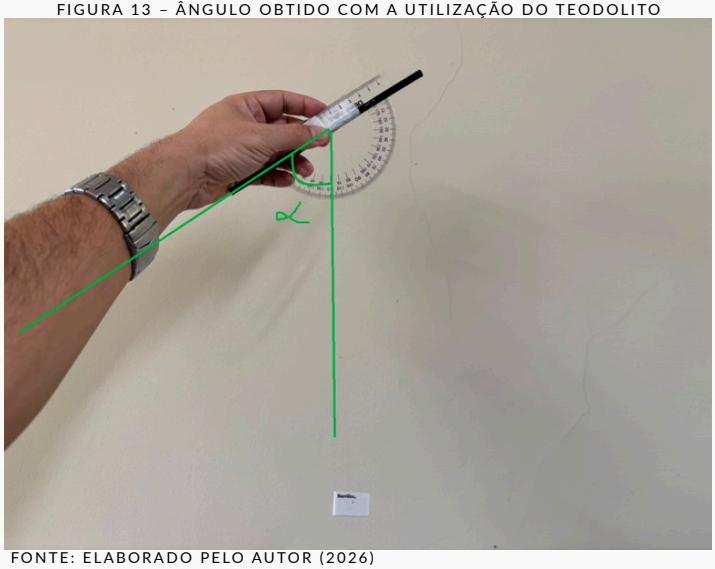
Durante este encontro, observou-se a necessidade de maiores esclarecimentos referente aos dados a serem obtidos, sendo construído junto com a turma um quadro apresentado abaixo, sendo mais fácil a assimilação dos alunos sobre o significado de cada grandeza.

Altura do observador (a)	**Distância (d)**	**Ângulo ($\propto$)**	**Complementar ($\beta = 90° - \alpha$)**	**Tangente ($\propto$)**	**Tangente ($\beta = 90° - \alpha$)**
Cálculo 1: Cálculo 2:					

Optou-se por colocar também o ângulo complementar, justamente para o aluno entender o conceito destes ângulos, a soma dos ângulos internos de um triângulo e a relação que o seno de ângulo é igual ao cosseno de seu complementar e vice-versa. Os alunos acharam bastante interessante porque um cálculo comprovava a veracidade do outro cálculo.

Para a utilização do Teodolito, observou-se a princípio uma certa dificuldade no aluno em entender conceitos simples de tangente, hipotenusa e cateto. A natureza abstrata dos conceitos trigonométricos acabam sendo barreira significativa para os estudantes.

FIGURA 13 – ÂNGULO OBTIDO COM A UTILIZAÇÃO DO TEODOLITO



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

As dúvidas foram esclarecidas durante o encontro dedicado à explicação do experimento. Cabe destacar que o principal questionamento dos estudantes dizia respeito ao ângulo que seria obtido durante a observação, o qual foi esclarecido conforme ilustrado na Figura 13 ao lado.

Também foi entregue a cada estudante uma tabela, com as medidas dos senos, cossenos e tangentes de todos os graus possíveis a serem obtidos durante as observações e para auxiliar no momento da realização dos cálculos.

INSTITUTO FEDERAL
Piauí

APÊNDICE B - Tabela de razões trigonométricas

PROFMAT

Ângulo	Seno	Cosseno	Tangente	Ângulo	Seno	Cosseno	Tangente
1°	0.0175	0.9998	0.0175	46°	0.7193	0.6947	1.0355
2°	0.0349	0.9994	0.0349	47°	0.7314	0.6820	1.0724
3°	0.0523	0.9986	0.0524	48°	0.7431	0.6691	1.1106
4°	0.0698	0.9976	0.0699	49°	0.7547	0.6561	1.1504
5°	0.0872	0.9962	0.0875	50°	0.7660	0.6428	1.1918
6°	0.1045	0.9945	0.1051	51°	0.7771	0.6293	1.2349
7°	0.1219	0.9925	0.1228	52°	0.7880	0.6157	1.2799
8°	0.1392	0.9903	0.1405	53°	0.7986	0.6018	1.3270
9°	0.1564	0.9877	0.1584	54°	0.8090	0.5878	1.3764
10°	0.1736	0.9848	0.1763	55°	0.8192	0.5736	1.4281
11°	0.1908	0.9816	0.1944	56°	0.8290	0.5592	1.4826
12°	0.2079	0.9781	0.2126	57°	0.8387	0.5446	1.5399
13°	0.2250	0.9744	0.2309	58°	0.8480	0.5299	1.6003
14°	0.2419	0.9703	0.2493	59°	0.8572	0.5150	1.6643
15°	0.2588	0.9659	0.2679	60°	0.8660	0.5000	1.7321
16°	0.2756	0.9613	0.2867	61°	0.8746	0.4848	1.8040
17°	0.2924	0.9563	0.3057	62°	0.8829	0.4695	1.8807
18°	0.3090	0.9511	0.3249	63°	0.8910	0.4540	1.9626
19°	0.3256	0.9455	0.3443	64°	0.8988	0.4384	2.0503
20°	0.3420	0.9397	0.3640	65°	0.9063	0.4226	2.1445
21°	0.3584	0.9336	0.3839	66°	0.9135	0.4067	2.2460
22°	0.3746	0.9272	0.4040	67°	0.9205	0.3907	2.3559
23°	0.3907	0.9205	0.4245	68°	0.9272	0.3746	2.4751
24°	0.4067	0.9135	0.4452	69°	0.9336	0.3584	2.6051
25°	0.4226	0.9063	0.4663	70°	0.9397	0.3420	2.7475
26°	0.4384	0.8988	0.4877	71°	0.9455	0.3256	2.9042
27°	0.4540	0.8910	0.5095	72°	0.9511	0.3090	3.0777
28°	0.4695	0.8829	0.5317	73°	0.9563	0.2924	3.2709
29°	0.4848	0.8746	0.5543	74°	0.9613	0.2756	3.4874
30°	0.5000	0.8660	0.5774	75°	0.9659	0.2588	3.7321
31°	0.5150	0.8572	0.6009	76°	0.9703	0.2419	4.0108
32°	0.5299	0.8480	0.6249	77°	0.9744	0.2250	4.3315
33°	0.5446	0.8387	0.6494	78°	0.9781	0.2079	4.7046
34°	0.5592	0.8290	0.6745	79°	0.9816	0.1908	4.1446
35°	0.5736	0.8192	0.7002	80°	0.9848	0.1736	5.6713
36°	0.5878	0.8090	0.7265	81°	0.9877	0.1564	6.3138
37°	0.6018	0.7986	0.7536	82°	0.9903	0.1392	7.1154
38°	0.6157	0.7880	0.7813	83°	0.9925	0.1219	8.1443
39°	0.6293	0.7771	0.8098	84°	0.9945	0.1045	9.5144
40°	0.6428	0.7660	0.8391	85°	0.9962	0.0872	11.4301
41°	0.6561	0.7547	0.8693	86°	0.9976	0.0698	14.3007
42°	0.6691	0.7431	0.9004	87°	0.9986	0.0523	19.0811
43°	0.6820	0.7314	0.9325	88°	0.9994	0.0349	28.6363
44°	0.6947	0.7193	0.9657	89°	0.9998	0.0175	57.2900
45°	0.7071	0.7071	1.0000				

Considerando que grande parte dos estudantes desconhecia sua altura exata, disponibilizou-se, mediante autorização da gestão escolar, uma balança antropométrica equipada com estadiômetro, pertencente ao laboratório do curso Técnico em Enfermagem da própria instituição. Essa etapa inicial promoveu o engajamento da turma (Figura 14) e evidenciou aos discentes a relevância da obtenção de dados empíricos fidedignos para o rigor dos experimentos.

FIGURA 14 – MEDINDO A ALTURA DOS ESTUDANTES



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Foram registradas as alturas de todos os estudantes presentes, variando de 1,51 m a 1,84 m, o que corresponde a uma amplitude total de 0,33 m (33 cm). A Tabela apresenta a distribuição de frequências desses dados.

Tabela de Alturas dos Alunos

Intervalo de Classe	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
1,50 ⊢ 1,55	3	12%
1,55 ⊢ 1,60	6	24%
1,60 ⊢ 1,65	8	32%
1,65 ⊢ 1,70	5	20%
1,70 ⊢ 1,75	1	4%
1,75 ⊢ 1,80	1	4%
1,80 ⊢ 1,85	1	4%
Total	25	100%

3.3 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO



Após a etapa em sala de aula, destinada à exposição das relações trigonométricas e ao resgate histórico do teodolito, realizou-se a atividade de campo. Escolheu-se como objeto inacessível para as medições a caixa-d'água da instituição (Figura 15). Situada nas proximidades da residência estudantil, a estrutura possui elevada dimensão vertical, o que a torna visível de praticamente todos os pontos internos do campus, bem como de algumas áreas do seu entorno.

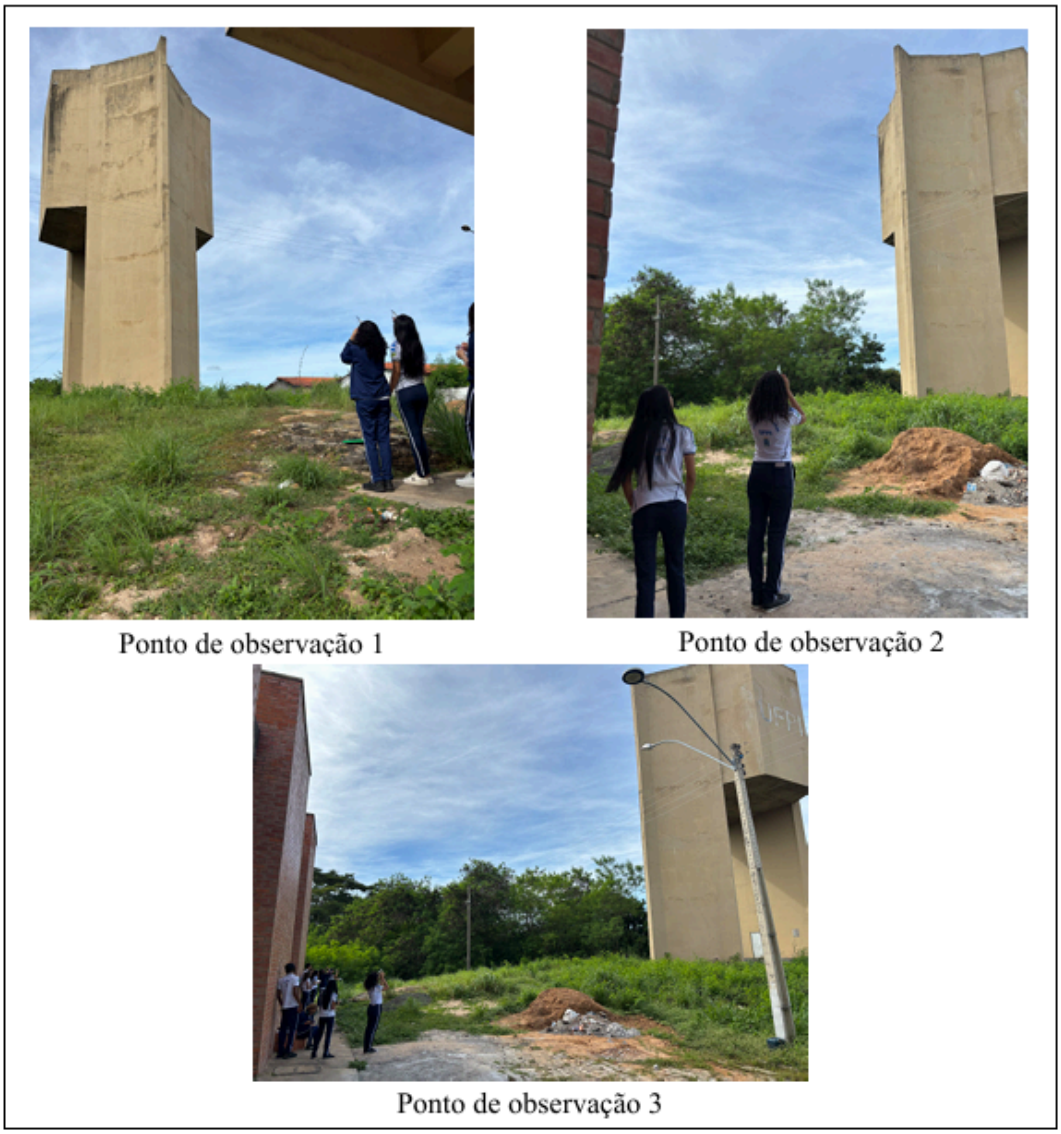
FIGURA 15 – CAIXA D'ÁGUA DO CAMPUS ALMÍCAR FERREIRA SOBRAL



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Para a realização das medições, a turma foi dividida em três grupos, alocados em três pontos de observação distintos. As distâncias aferidas entre a base da caixa-d'água e esses locais foram de 16,51 m, 16,68 m e 19,82 m, respectivamente. A Figura 27 ilustra o posicionamento dos estudantes durante a atividade de campo.

FIGURA 16 – PONTOS DE OBSERVAÇÕES



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Cada estudante aferiu o ângulo obtido em seu teodolito e registrou o valor no Quadro da página 25. Após a medição individual de todos os discentes nos respectivos pontos de observação, solicitou-se uma nova aferição angular, visando à validação e à confirmação dos dados coletados.

Na figura 16 acima, é possível verificar os alunos nos pontos de observações demarcados. Por conta do posicionamento do sol, o experimento foi realizado no turno da manhã, para que os estudantes não ficassem sob sol forte. Em frente à caixa d'água localiza-se a residência estudantil; por se tratar de uma edificação de dois pavimentos, sua sombra contribuiu para reduzir a exposição direta ao sol durante as observações.



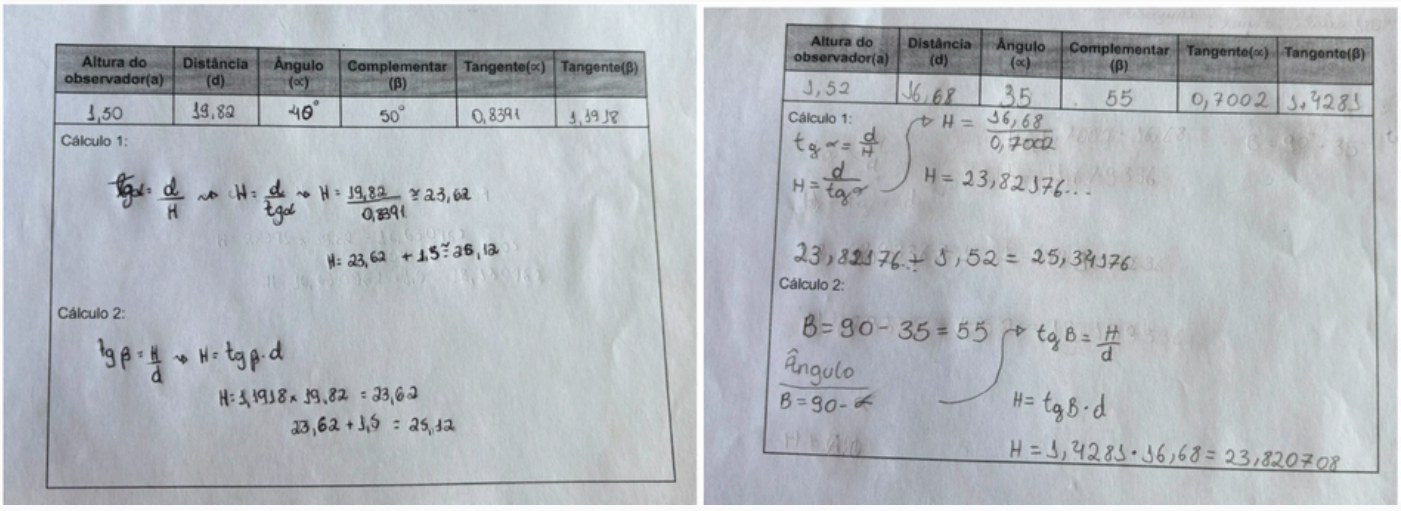
DEPOIS DE MEDIDO OS ÂNGULOS, OS ALUNOS RETORNARAM À SALA DE AULA PARA OS CÁLCULOS MATMEMÁTICOS.

3.4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Os conceitos de Trigonometria apresentam elevado grau de abstração, de modo que os discentes frequentemente encontram dificuldades para visualizar as aplicações práticas de seno, cosseno e tangente. Essa ausência de percepção sobre a utilidade do conteúdo costuma desestimular o interesse pelo componente curricular. Durante a realização da atividade prática, contudo, observou-se o engajamento da turma em compreender a finalidade concreta do material didático em construção.

Com o auxílio do Quadro da página 25, os estudantes, de volta à sala de aula, iniciaram os cálculos para determinar a altura da caixa d'água. As dúvidas que surgiram foram sanadas de imediato. A maioria dos presentes compreendeu a importância da adoção de um modelo matemático para a resolução do problema. Conforme ilustra a Figura 17, os discentes entenderam que bastava dividir a distância (d) referente ao seu ponto de visada pela tangente do ângulo obtido para determinar a altura parcial (h); em seguida, adicionando-se a essa medida a altura dos olhos do observador, obtinha-se a altura real da estrutura.

FIGURA 17 – CÁLCULO SEGUINDO MODELO MATEMÁTICO



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Observou-se também que a execução do segundo cálculo - realizado a partir do ângulo complementar ao obtido na visada - alterou a dinâmica da Modelagem Matemática. Nessa nova abordagem, a relação trigonométrica exigiu a reorganização da equação para a determinação da altura, que agora passou a ser a multiplicação da tangente deste ângulo complementar pela distância (d) do ponto de observação. O cálculo 2 serviu como mecanismo de validação e confirmação dos resultados obtidos no cálculo 1.

ESTE É O MOMENTO QUE O PROFESSOR JUNTO COM A TURMA, JUNTAM AS ANOTAÇÕES, CRUZAM OS RESULTADOS E FECHAM AS CONCLUSÕES.

4

A JORNADA DO SISTEMA MASSA-MOLA

DA HISTÓRIA À SALA DE AULA



A JORNADA DO SISTEMA MASSA-MOLA

PARA REALIZAÇÃO DESTA ETAPA FORAM UTILIZADOS 1 ENCONTRO SENDO:

1 AULA PARA APRESENTAÇÃO DO CONTEXTO HISTÓRICO DO CONTEÚDO A SER ESTUDADO;

1 AULA PARA CRIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICOS E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO;

1 AULA PARA CÁLCULOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES.



APRESENTAÇÃO DO CONTEXTO HISTÓRICO, AJUDA O ALUNO NA IMERSÃO AO CONTEÚDO.

Fundamentos e Teoria



A Lei de Hooke (1678)



Força elástica é proporcional à deformação

$$F = k \cdot \Delta l$$

- F: Força
- k: Rigidez do material
- Δl: Variação do comprimento

Do Papel à Prática: O Experimento Caseiro



Economia e Acessibilidade



Sistema Comercial

R$ 300,00 a R$ 1.000,00



Sistema Caseiro (DIY)

R$ 20,48

Montagem com Materiais Simples



Caibros de madeira



Ganchos de rede



Parafusos



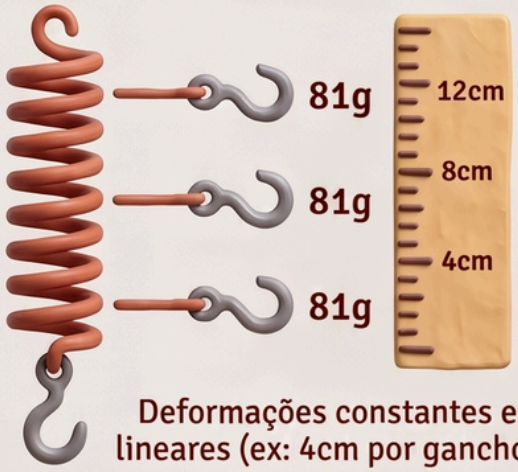
Compensado



O Limite Elástico

Mola só retorna se a força não exceder seu limite elástico

Resultados da Observação



Deformações constantes e lineares (ex: 4cm por gancho)

Gemini Notebook

4.1 CONTEXTO HISTÓRICO

Robert Hooke (1635-1703) (Figura 18), natural da Ilha de Wight (Inglaterra), foi uma das mentes mais brilhantes do século XVII, com contribuições seminais que atravessaram a física, a biologia, a geologia, a meteorologia, a astrologia e a engenharia. Graduado pela Universidade de Oxford e membro da prestigiada Royal Society de Londres desde 1662, Hooke destacou-se por sua notável capacidade inventiva e experimental, fazendo diversas descobertas e invenções que moldaram profundamente a ciência da época (Moreira, 2005).

FIGURA 18-ROBERT HOOKE



FONTE: CHRIST CHURCH GALLERY (2009).

A Lei de Hooke, foi formalmente apresentada em 1678 e até os dias atuais continua sendo um princípio bastante utilizado no estudo do comportamento de sistemas elásticos (Moreira, 2005). Com vasta aplicação em áreas como engenharia estrutural e desenvolvimento de instrumentos de medição.

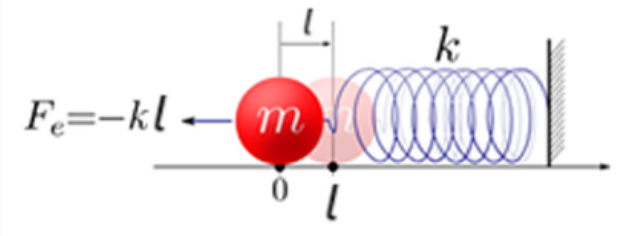
A Lei de Hooke é um princípio fundamental da física que estabelece a relação entre a força aplicada a uma mola e a deformação que ela sofre. De acordo com essa lei, a força elástica necessária para alongar ou comprimir uma mola, fixada em um anteparo, é diretamente proporcional à magnitude da deformação (Melnyk, 2017).

$$Fe = k \cdot \Delta l \qquad (1)$$

onde:

- Fe é a força aplicada à mola;
- k representa a constante de elasticidade da mola, uma medida de sua rigidez (molas com valores de k maiores são mais rígidas);
- Δl indica a deformação da mola, ou seja, a diferença entre seu comprimento final e seu comprimento inicial de equilíbrio.

FIGURA 19 – LEI DE HOOKE



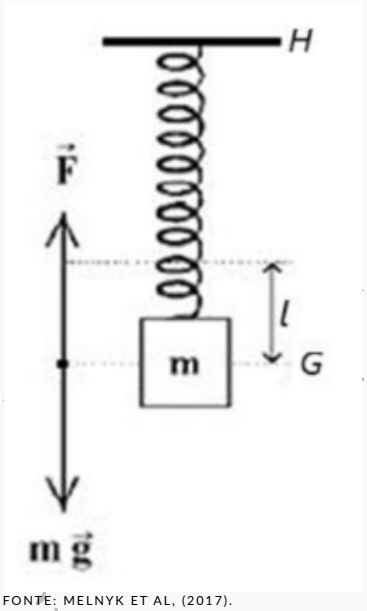
FONTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (S.D.).

Em muitas análises, especialmente em sistemas oscilatórios, emprega-se a forma F = −k.Δl para denotar a força restauradora exercida pela mola (Viana, 2023). O sinal negativo nessa expressão indica que a força da mola age sempre no sentido oposto à deformação, buscando restaurar o equilíbrio.

É importante destacar que a validade da Lei de Hooke está restrita ao limite elástico do material. Dentro desse limite, a mola é capaz de retornar à sua forma original após a remoção da força. Caso a deformação exceda esse ponto, a mola pode não recuperar totalmente sua forma, e a Lei de Hooke deixa de ser aplicável.



FIGURA 20 - SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL



FONTE: MELNYK ET AL, (2017).

Para a pesquisa, optou-se por trabalhar com o sistema massa-mola vertical, que obedece ao mesmo princípio, porém as forças atuantes são a força-peso, normal e a aceleração da gravidade (g). Na Figura 20 temos a ilustração do sistema massa-mola vertical em equilíbrio.

Segundo Freeman Jr (2008) as molas que possuem um alto nível de flexibilidade (deformações) e resistência, podem ser classificadas de acordo com seu comportamento sob carregamento, em lineares e não-lineares.

Nascimento (2016) por sua vez, explica que a constante elástica (k), quantifica a rigidez de um material, enquanto a deformação elástica representa a mudança reversível em sua forma ou tamanho, englobando tanto o alongamento, quanto a compressão elástica.

Tais conceitos estão ligados intrinsecamente à Lei de Hooke, que descreve o comportamento linear de materiais elásticos sob pequenas deformações.

Pode-se perceber que a Lei de Hooke está presente em quase tudo que envolve amortecimento, medição de peso, segurança estrutural e biomecânica. No cotidiano, essa lei manifesta-se nos sistemas de suspensão veicular - em que as molas e os amortecedores são projetados de acordo com a carga do veículo -, na calibração de dinamômetros, sensores de pressão mecânicos, teclados mecânicos e até mesmo em próteses de membros. Esses são alguns exemplos de aplicabilidade desta Lei.







Lembre-se, o contexto histórico denpederá da disponibilidade dos horários, dos recursos e do grau de conhecimento da turma à cerca do tema.

4.2 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA MASSA-MOLA



Por conta da maior complexidade, este material didático foi feito em apenas 1 unidade.
Os alunos acompanharam a montagem em sala de aula.

A utilização de um sistema de massa-mola possibilita uma abordagem prática e contextualizada quanto a validade da Lei de Hooke, fazendo com que o estudante associe teoria e prática, bem como a integração entre a Física e a Matemática. As atividades práticas de construção e o uso do sistema de massa-mola, oportuniza aos estudantes a exploração ativa dos conceitos relacionados à constante elástica, bem como sua relação linear entre a elongação e a força aplicada, tornando a aprendizagem mais significativa e interdisciplinar.



Para a construção do sistema de massa-mola, optou-se pela utilização de materiais facilmente encontrados em canteiros de obras, o que reduz expressivamente os custos de confecção do recurso. No mercado especializado, esse equipamento é comercializado por valores a partir de R$ 300,00 (trezentos reais), podendo ultrapassar R$ 1.000,00 (Mil reais), cifra que, para muitas instituições públicas de ensino, inviabiliza sua aquisição.

FIGURA 21 – MATERIAL PARA CONSTRUÇÃO DO SISTEMA



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Na Figura 21, apresentam-se todos os componentes do sistema individualizados. Para a confecção da estrutura de suporte, empregou-se um caibro com comprimento total de 230 cm, seccionado em duas peças de 70 cm, duas de 25 cm e duas de 20 cm. Além dessas, utilizaram-se de 1(uma) ripa de 20 cm, um pedaço de compensado qualquer com medidas de 14 cm x 20 cm, oito parafusos de 6 cm, mais dois parafusos de 1cm e três ganchos de 6 cm do tipo pitão aberto.

FIGURA 22 – MATERIAL DIDÁTICO PARA SISTEMA MASSA-MOLA



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Já na Figura 20, observa-se o material didático do sistema massa-mola totalmente montado e apto para utilização nos experimentos. Cabe ressaltar que, entre os experimentos realizados, este foi o que apresentou maior engajamento por parte dos estudantes. Para otimizar a visualização do comportamento do sistema e assegurar a organização do ambiente, a turma foi dividida em três grupos.

O custo final estimado para a construção deste material didático, considerando que nenhum insumo seja reaproveitado, foi de R$ 20,48 (Vinte reais e quarenta e oito centavos), conforme apresentado na tabela ao lado.

Item	Quantidade	Valor
Caibro	2,30 metros	R$ 11,73
Ganchos	3 unidades	R$ 0,81
Parafusos 6cm	8 unidades	R$ 1,36
Parafusos 1cm	2 unidades	R$ 0,28
Compensando	1 (14 cm x 20 cm)	R$ 1,20
Trena	1 unidade	R$ 5,10
	Total	R$ 20,48

Ressalta-se que o objetivo do projeto é minimizar os custos de confecção do material didático. Portanto, considerando que os caibros e o pedaço de compensado para este experimento, foram adquiridos a partir de sobras de construção, e que a trena utilizada já estava disponível, (podendo também ser empregada uma régua escolar de 30 cm), o seu custo final foi de R$2,45 (Dois reais e quarenta e cinco centavos).

FIGURA 23 – MONTAGEM DO SISTEMA MASSA-MOLA PELOS ESTUDANTES

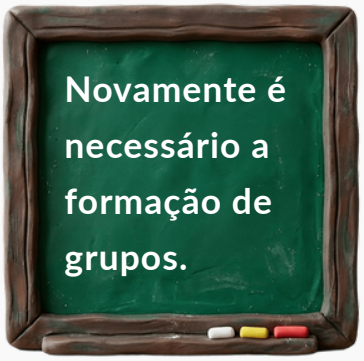


FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

No terceiro encontro, os estudantes foram introduzidos ao estudo do sistema massa-mola. Inicialmente, apresentou-se a contextualização histórica do tema e, em seguida, expuseram-se os materiais necessários para a construção do experimento. Neste encontro, novamente foram utilizadas três aulas do horário escolar e foi desenvolvido integralmente em sala de aula. Os estudantes participaram da montagem do sistema massa-mola, conforme ilustra a Figura 23.

4.3 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO





Devido à boa receptividade do quadro utilizado na atividade anterior, os discentes solicitaram uma estrutura semelhante para a sistematização dos novos dados, o que culminou na elaboração do Quadro abaixo.

Mola 1: tamanho inicial ___ cm				
Nº de pesos (___ g)	L_f (tamanho final da mola em equilíbrio)	Δl (deformação da mola)	$F = m.g$ (adotando $g=9,8 m/s^2$)	K Constante elástica ($F/\Delta l$)
Cálculos:				
Mola 2: tamanho inicial ___ cm				
Nº de pesos (___ g)	L_f (tamanho final da mola em equilíbrio)	Δl (deformação da mola)	$F = m.g$ (adotando $g=9,8 m/s^2$)	K Constante elástica (F/l)
Cálculos:				

FIGURA 24 – PESAGEM DOS GANCHOS



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Os pesos utilizados na execução do experimento consistiram em dois ganchos de rede (Figura 24). Para comprovar a equivalência de suas massas, realizou-se a aferição individual de cada gancho por meio de uma balança de precisão. A manipulação desses materiais concretos estimulou a curiosidade e o engajamento dos estudantes durante a atividade.

Novamente, para assegurar a organização da atividade, a turma foi dividida em grupos para a realização das observações. À medida que os ganchos eram acoplados à mola para a aferição da deformação, os estudantes registravam os dados no Quadro 2. Foram utilizadas duas molas distintas. Constatou-se que a primeira mola possuía comprimento inicial de 9 cm e diâmetro de 2 cm. Após a fixação do primeiro gancho, com massa de 81 g, a mola sofreu um deslocamento de 4 cm, atingindo o comprimento total de 13 cm. Ao acoplar o segundo gancho, de mesma massa (81 g), registrou-se um novo deslocamento de 4 cm, resultando em um comprimento final de 17 cm. Esse comportamento empírico comprovou que a deformação da mola (Δl), descrita na Equação (1), mantém-se proporcional.

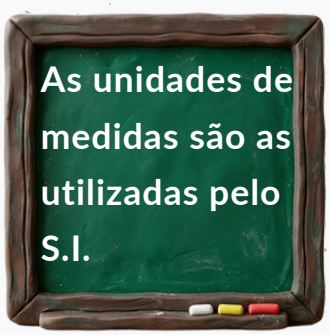
A constância observada na deformação da mola despertou forte interesse nos estudantes, que prontamente requisitaram o teste com a segunda mola, cujo comprimento inicial era de 14 cm e o diâmetro, de 1,3 cm. Após a acoplagem do primeiro gancho, aferiu-se o comprimento total de 19 cm, o que levou os discentes a formularem a hipótese de uma variação constante de 5 cm. A confirmação dessa previsão na medição seguinte — na qual o segundo gancho expandiu o sistema para exatos 24 cm — gerou expressiva comoção pedagógica pela validação empírica do modelo teórico. Esse procedimento de aferição e registro repetiu-se em todos os grupos.

FIGURA 25 – OBSERVAÇÕES DO SISTEMA MASSA-MOLA PELOS ESTUDANTES



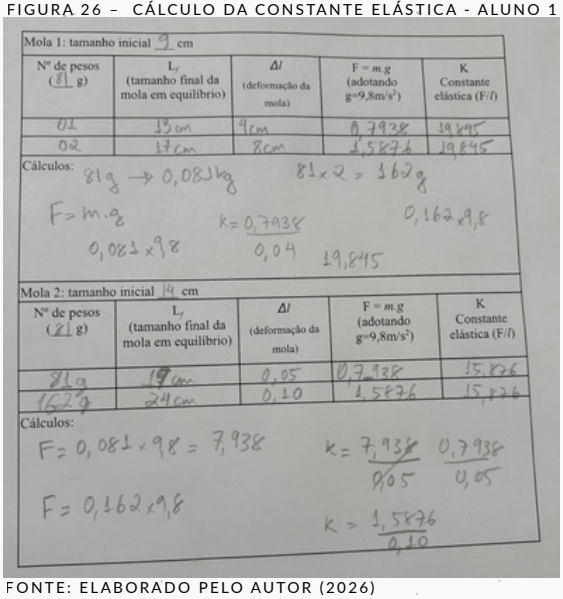
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

4.4 RESULTADO E DISCUSSÕES



Com o auxílio do Quadro da página 38 e dos dados coletados no experimento, os discentes iniciaram os procedimentos algébricos para a determinação da constante elástica (k). Compreendeu-se que a variação do comprimento da mola à medida que se adicionavam as massas representava a deformação (Δl), e não a constante elástica em si. Assim, assimilaram que, após o cálculo da Força Peso (P), bastava dividi-la pela variação do comprimento para obter a constante elástica do sistema.

FIGURA 26 – CÁLCULO DA CONSTANTE ELÁSTICA - ALUNO 1

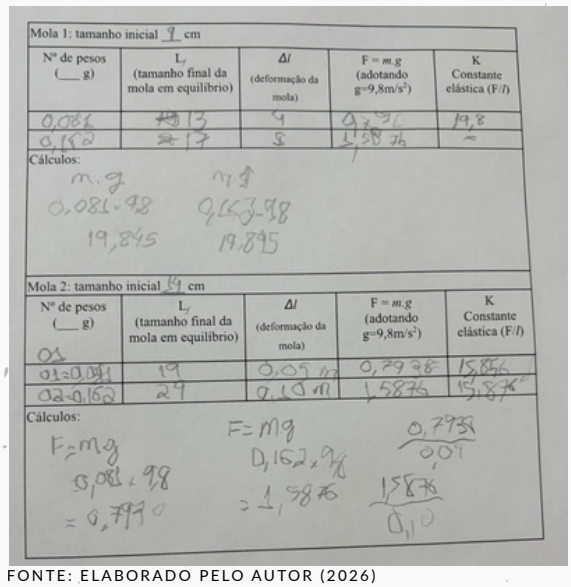


FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Em virtude da postura colaborativa e da ausência de caráter competitivo entre os estudantes, estabeleceu-se um ambiente de apoio mútuo para a resolução dos cálculos da constante elástica (k). No âmbito dos grupos de trabalho, os discentes sanaram dúvidas entre si, o que permitiu que toda a turma atingisse a confluência dos resultados experimentais para cada mola. Conforme ilustrado na Figura 26, evidencia-se a proporcionalidade direta entre a força aplicada e a deformação do corpo elástico, em consonância com a Lei de Hooke. Para a primeira mola, obteve-se a constante de proporcionalidade k = 19,845, constatando-se a sua manutenção após a adição da segunda massa.

Concluídos os procedimentos referentes à mola de 9 cm, aplicou-se a mesma metodologia à segunda mola, cujo comprimento inicial era de 14 cm. Ao acoplar-se o primeiro gancho de 81 g, a mola deformou-se até atingir o comprimento de 19 cm. Com a adição da segunda massa de 81 g, o comprimento total expandiu-se para 24 cm. A partir dessas medições, determinou-se a constante elástica do segundo sistema, obtendo-se o valor de k = 15,876.

FIGURA 26 – CÁLCULO DA CONSTANTE ELÁSTICA - ALUNO 2



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Apresenta-se, na Figura 26, o registro efetuado por outro discente. Observa-se que, apesar de particularidades em sua caligrafia, o estudante estruturou adequadamente o raciocínio matemático, obtendo valores idênticos para as constantes elásticas das molas 1 e 2.

Os dados coletados pelos estudantes durante o experimento confirmam a linearidade entre força e deformação, princípio fundamental da Lei de Hooke. Essa relação de proporcionalidade, evidenciada pelas constantes elásticas calculadas para cada mola, corrobora a validade do modelo matemático empregado.



ESTE É O MOMENTO QUE O PROFESSOR JUNTO COM A TURMA, JUNTAM AS ANOTAÇÕES, CRUZAM OS RESULTADOS E FECHAM AS CONCLUSÕES.

5

A JORNADA DO PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

DA HISTÓRIA À SALA DE AULA

A JORNADA DO PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

PARA REALIZAÇÃO DESTA ETAPA FORAM UTILIZADOS 1 ENCONTRO SENDO:

1 AULA PARA APRESENTAÇÃO DO CONTEXTO HISTÓRICO DO CONTEÚDO A SER ESTUDADO;

1 AULA PARA CRIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO E APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO;

1 AULA PARA CÁLCULOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES.

APRESENTAÇÃO DO CONTEXTO HISTÓRICO, AJUDA O ALUNO NA IMERSÃO AO CONTEÚDO.



O Início do Gênio



O Nascimento de Newton:

Nascido prematuro em 1642, Newton já mostrava foco em invenções desde a infância.

O Jovem Inventor:

Criava moinhos de vento, lanternas de papel e relógios de sol em seu próprio quarto.

Do Papel para a Prática

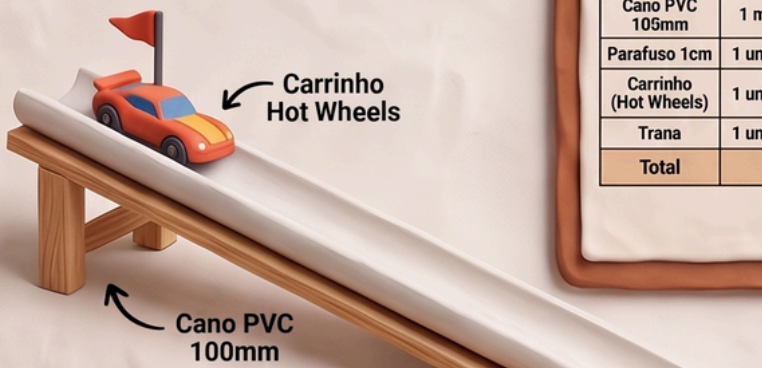
$$F = m.a$$

2ª Lei de Newton: Define que a força resultante é o produto da massa do corpo pela sua aceleração.

Orçamento do Experimento

Item	Quantidade	Valor
Cano PVC 105mm	1 metro	R$ 9,95
Parafuso 1cm	1 unidade	R$ 6,14
Carrinho (Hot Wheels)	1 unidade	R$ 11,90
Trana	1 unidade	R$ 5,10
Total		R$ 27,09

O Instrumento em Sala de Aula



Resultado do Experimento

Ao adicionar peso (massa) ao carrinho, os alunos comprovaram que a distância percorrida diminulu...



Gemini Notebook

5.1 CONTEXTO HISTÓRICO

De acordo com o calendário juliano, Isaac Newton (figura 27), nasceu no dia 25 de dezembro de 1642, em Woolsthorpe, perto da pequena aldeia Colsterworth, em Lincolnshire – Inglaterra (Brennan,2003, pg 25). Newton tem duas datas de nascimento devido aos calendários utilizados na região onde morava na época, no calendário gregoriano, a sua data de nascimento passa a ser em 04 de janeiro de 1643. Data utilizada nos dias atuais.

FIGURA 27- ISAAC NEWTON



FONTE: NATIONAL PORTRAIT GALLERY (S.D.).

Newton nasceu prematuro, filho de Hannah Ayscough Newton e Isaac Newton, ficou órfão de seu pai três meses antes de seu nascimento e faleceu no início de outubro de 1642, 6 meses após seu casamento, deixando a viúva grávida. Foi registrado com o nome de seu pai (Brennan,2003, pg 25).

Newton morava no quarto que ocupava no sótão da casa do Sr. Clark, sempre foi focado em suas descobertas, seu quarto era cheio de ferramentas e de suas invenções. Uma de suas primeiras invenções foi um moinho de vento movido por camundongos (Brennan,2003, pg 29).



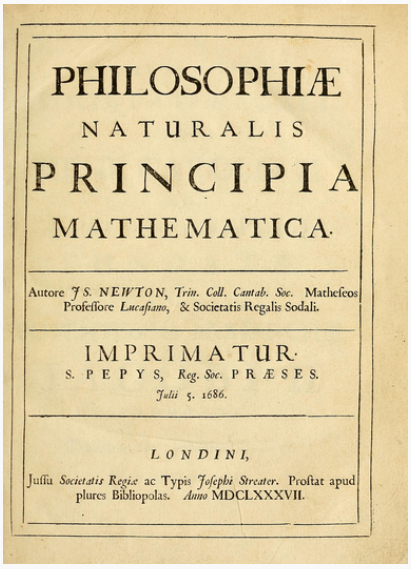
Newton tinha como passatempo, trabalhar com o relógio de sol. Ele encheu o seu quarto de marcações, onde o sol batia ele marcava hora, meia hora até um quarto das horas, com isso mantinha uma espécie de calendário. Distinguia as fases do sol, identificando os equinócios, solstícios e até os dias do mês. Muitos vizinhos iam à sua casa para consultarem o relógio.

Iniciou a sua carreira científica em 1664. Quando muitos dos matemáticos e dos filósofos naturais da Europa nem imaginam a existência de Isaac Newton. E, para quem o conhecia, ele era um enigma. A Matemática dominou a atenção de Newton, vindo a atribuir a expansão do binômio ao inverno entre 1664 – 1665 (Brennan,2003, pg 33).

Cambridge fechou as portas em 1665, ficando deserta durante oito anos, a Inglaterra sofreu uma calamidade com a praga de pestilência. Durante oito anos, a universidade ficou deserta. Durante as suspensões das aulas presenciais da universidade, Newton dedicou praticamente todo seu tempo aos seus estudos (Brennan,2003, pg 35).

Foi neste momento que surgiu um dos episódios mais famosos que seria o da "maçã caindo em sua cabeça". Segundo Westfaall (1993), Newton voltou a mencionar os tempos da peste logo após 50 anos.

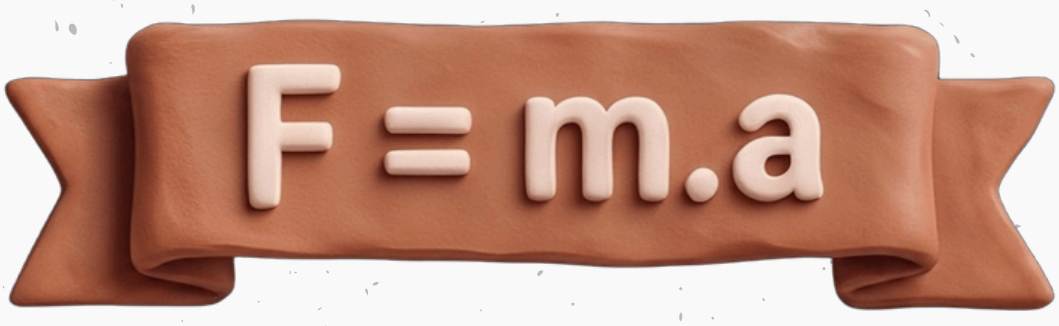



PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA
Autore *IS. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc.* Matheseos Professore *Lucasiano*, & Societatis Regalis Sodali.
IMPRIMATUR
S. PEPYS, *Reg. Soc.* PRÆSES.
Julii 5. 1686.
LONDINI,
Jussu *Societatis Regiæ* ac Typis *Josephi Streater*. Prostat apud plures Bibliopolas. *Anno* MDCLXXXVII.

Em 1679, com a morte de sua mãe, Newton entrou em seus "anos de silêncio" aprofundando-se mais ainda os estudos em Teologia e Alquimia. Em 1684, Newton teve a visita de Edmond Halley, conversaram sobre as Lei de Kepler e Halley mostrava muito interesse sobre a mecânica celeste (Brennan,2003, pg 43).

Em 1686 Newton retornou a Cambridge, dedicou-se a escrever sua principal obra Philosophie naturalis principia mathematica, em que Halley o incentivou e financiou o lançamento de seu livro. Sua obra teve muita repercussão na Grã Bretanha, Escócia e Europa. Muitos autores admiravam a sua obra, mas alguns discordavam, como Christiaan Huygens e Gottfried Wilherlm Leibniz. Eles recusaram aceitar algumas partes que eram abordadas em seus livros (Brennan,2003, pg 46).

Em relação às Leis de Newton, a primeira lei, popularmente conhecida como Lei da Inércia, se refere à força resultante que atua em um corpo ser igual a zero, o movimento deste corpo não se altera. A segunda lei, mais conhecida como Princípio Fundamental da Dinâmica, se refere quando uma força resultante diferente de zero é aplicada em um corpo, fazendo com que esse corpo sofra uma aceleração. A terceira lei, popularmente conhecida como Lei da Ação e Reação, é sobre a relação entre as forças de interação que um corpo exerce sobre outro corpo.



5.2 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DO PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

Optou-se pela utilização de um metro de cano de Policloreto de Vinila (PVC) de 100mm; contudo, o diâmetro do cano pode variar em função do objeto empregado, — que, no caso desta pesquisa, consistiu em um veículo em miniatura com 7,5 cm de comprimento. O cano foi seccionado em dois segmentos: um de 30 cm e outro de 70 cm. Para a finalização do recurso, utilizaram-se 12 cm de ripa e um parafuso de 1 cm, insumos representados na Figura 28.

FIGURA 28 – MATERIAL PARA EXPERIMENTO DA 2ª LEI DE NEWTON



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

A utilização do segmento de ripa teve como objetivo exclusivo conferir estabilidade ao sistema, impedindo o deslocamento do cano de PVC durante as medições. Essa base também ajuda quando é necessário aumentar o ângulo de inclinação, podendo ser colocado qualquer objeto para apoio. Já a finalidade para a utilização do cano de PVC justifica-se por garantir, durante a realização do experimento, que o carrinho não saia da trajetória, além de permitir marcações com canetas apagáveis, o que evita rasuras ou danos ao mobiliário escolar.

Na Figura 29, observa-se o material didático voltado à aplicação do Princípio Fundamental da Dinâmica, devidamente montado e apto para utilização nos experimentos.

FIGURA 29 – MATERIAL PARA EXPERIMENTO DA 2ª LEI DE NEWTON



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)



Orçamento do Experimento

Item	Quantidade	Valor
Cano PVC 105mm	1 metro	R$ 9,95
Parafuso 1cm	1 unidade	R$ 6,14
Carrinho (Hot Wheels)	1 unidade	R$ 11,90
Trena	1 unidade	R$ 5,10
Total		R$ 27,09

À semelhança dos materiais anteriores, a estrutura foi confeccionada com reaproveitamento de sobras de construção. O veículo em miniatura, por sua vez, foi disponibilizado sem custos a partir do acervo pessoal do pesquisador, o que zerou o custo efetivo da montagem. Todavia, a Tabela 4 apresenta a estimativa orçamentária para a aquisição integral dos insumos desse sistema.

O carrinho de brinquedo utilizado no experimento pertence à marca Hot Wheels. Essa escolha justifica-se pelo fato de esse modelo ser construído com os eixos de fios finos de aço, o que reduz significativamente o atrito mecânico. A diminuição dessa força externa contribui para o experimento obter dados mais fidedignos. Portanto, o valor cotado na Tabela ao lado reflete o preço médio praticado no mercado.

5.3 APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO

No quarto encontro, os estudantes foram introduzidos ao Princípio Fundamental da Dinâmica. Inicialmente, apresentou-se a contextualização histórica do tópico e, em seguida, exibiram-se os materiais necessários para a montagem da atividade prática. Para essa etapa, desenvolvida integralmente em sala de aula, utilizaram-se três aulas do horário escolar. Estiveram presentes 25 dos 31 discentes participantes da pesquisa, o que representa uma taxa de frequência de 80,6%.

A Figura 30 ilustra os discentes durante o manuseio inicial dos recursos destinados à montagem do material didático para a realização do experimento referente ao Princípio Fundamental da Dinâmica.

FIGURA 30 – ESTUDANTES CONHECENDO OS MATERIAIS



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Os estudantes compreenderam intuitivamente que, quanto maior a massa de um objeto, maior é a intensidade da força necessária para alterá-lo do repouso ou cessar o seu movimento. Diferentemente dos experimentos anteriores, não se utilizou quadro de registro; o objetivo consistia em favorecer a apreensão qualitativa do princípio em sua dimensão mais ampla. Posteriormente, apresentou-se aos discentes o modelo matemático aplicável à determinação quantitativa das grandezas envolvidas. A Figura 31 ilustra os discentes realizando as análises preliminares após após a montagem do material didático. Em seguida, cada grupo, sob a orientação, deu início às suas aferições.

FIGURA 31 – MATERIAL DIDÁTICO MONTADO



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Após a montagem, os estudantes foram orientados a elevar a inclinação da rampa com o auxílio de livros e cadernos. Formaram-se novamente equipes para viabilizar as observações e o registro dos dados. Cada grupo definiu a altura da rampa; em seguida, um discente liberava o carrinho a partir de um ponto pré-determinado, enquanto outro anotava a posição final de parada. Diversos grupos repetiram o lançamento a partir do mesmo ponto inicial a fim de comprovar as marcações efetuadas. Para o segundo teste, fixou-se uma sobrecarga ao carrinho com o auxílio de um elástico. Cada grupo empregou materiais diversos como massa adicional, a exemplo de borrachas, apontadores e outros pequenos objetos pessoais. Com o acréscimo de massa concluído, realizou-se um novo lançamento a partir do mesmo ponto inicial, registrando-se a nova posição de parada do veículo.

Cada grupo registrou as observações referentes a três lançamentos com massas distintas; em seguida, apresentou-se a toda a turma a síntese das percepções obtidas por cada equipe durante a realização do experimento.

5.4 RESULTADO E DISCUSSÕES



Neste encontro específico, compareceram à sala de aula 25 estudantes. Diferentemente dos experimentos anteriores, nos quais se utilizou o quadro, a proposta foi conduzir os discentes à compreensão do Princípio Fundamental da Dinâmica por meio do seu contexto histórico. Assim, apresentou-se o modelo matemático necessário para a determinação de qualquer uma das três grandezas físicas envolvidas.

Na Figura 32, observa-se, pela sequência de registros de um dos grupos, que o carrinho partiu de um mesmo ponto inicial, mas parou em posições distintas quando submetido a massas diversas. Para garantir maior precisão nas medições, os estudantes solicitaram uma trena. Sem a adição de massa extra, o carrinho percorreu uma distância retilínea de 60 cm. Por outro lado, ao ser submetido a uma massa maior, o deslocamento foi reduzido para 51 cm.

FIGURA 32 – LANÇAMENTO COM PESOS DIFERENTES



FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2026)

Todos os grupos puderam verificar empiricamente a validade do Princípio Fundamental da Dinâmica, formulado por Isaac Newton. Durante o ensaio, os discentes utilizaram o mesmo carrinho, tendo autonomia para alternar a massa acoplada e ajustar o ângulo de inclinação da rampa, o que viabilizou a observação do comportamento do sistema sob diferentes condições experimentais.

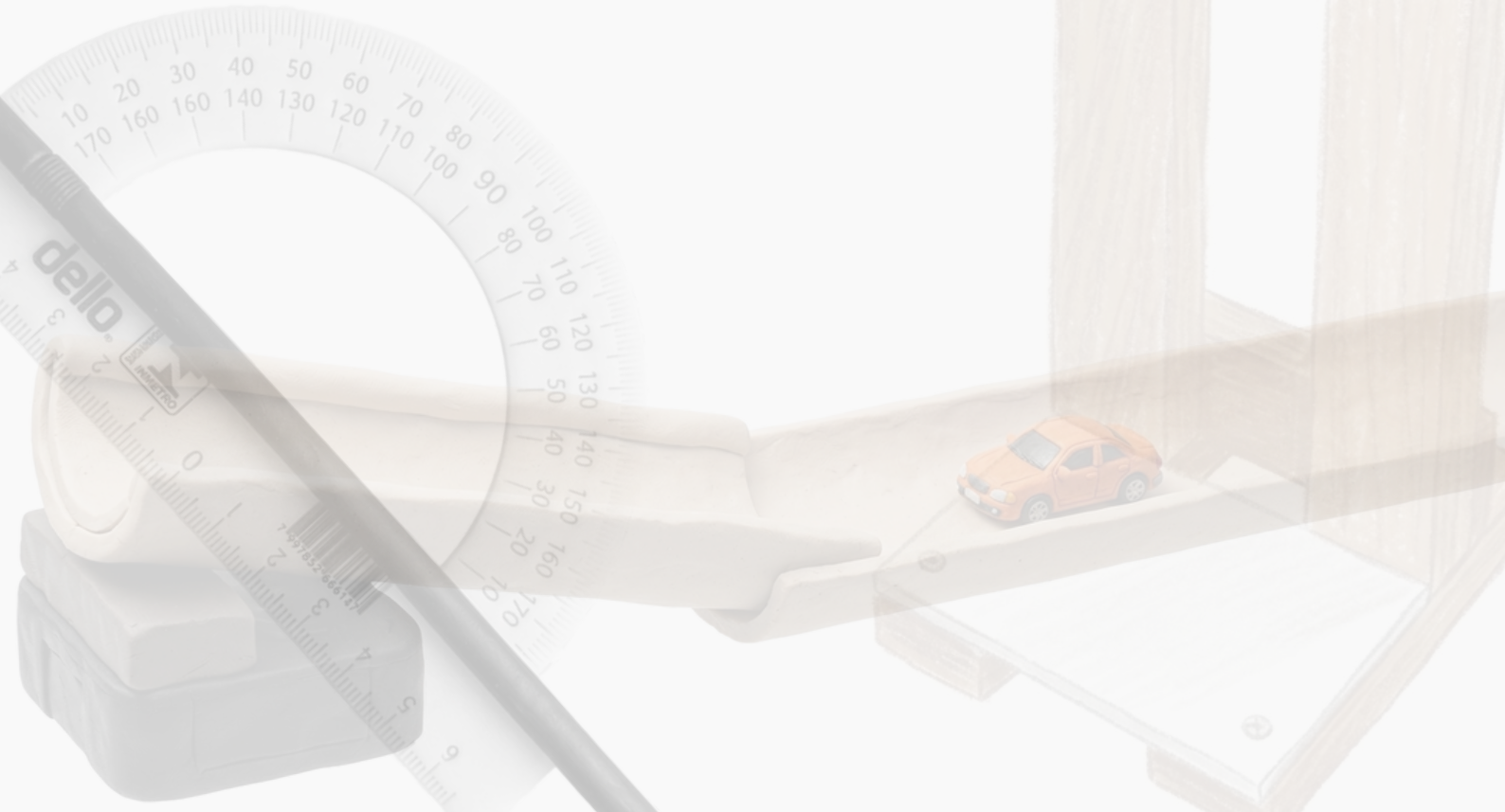
Ao transporem o modelo físico para a representação matemática, os estudantes compreenderam que, para uma mesma força resultante aplicada - assegurada ao soltar o carrinho de um mesmo ponto de partida -, a aceleração do corpo é inversamente proporcional à sua massa. Em resumo, constataram que, quanto maior a massa do sistema, menor é a aceleração obtida.

Aproveitou-se o momento para esclarecer os discentes acerca dos desvios experimentais observados, explicando que as margens de erro constatadas deviam-se à atuação das forças de atrito e da resistência do ar. Ressaltou-se que a presença dessas forças dissipativas não invalidava a verificação do Princípio Fundamental da Dinâmica realizada pelos grupos.

ESTE É O MOMENTO QUE O PROFESSOR JUNTO COM A TURMA, JUNTAM AS ANOTAÇÕES, CRUZAM OS RESULTADOS E FECHAM AS CONCLUSÕES.

6

CONSIDERAÇÕES FINAIS



A construção e aplicação da sequência didática “Construção de materiais didáticos de baixo custo para experimentos matemáticos” vem para tornar o processo de ensino aprendizagem mais contextualizado, investigativo e significativo para os estudantes, buscando aproximar os estudantes de tópicos matemáticos desafiadores, promovendo o interesse pela disciplina.

A escolha da temática esteve diretamente vinculada às barreiras identificadas ao longo do ensino de Matemática, destacando-se a escassez de atividades experimentais para a assimilação dos conteúdos teóricos. Frequentemente, o docente depara-se com limitações estruturais e orçamentárias que inviabilizam a aquisição de insumos laboratoriais. Essa desarticulação entre a teoria e a prática torna o processo de ensino e aprendizagem pouco atraente e desprovido de significado, reduzindo o engajamento dos discentes. Nesse contexto, a confecção de materiais didáticos de baixo custo para a realização de experimentos surgiu como uma alternativa para estimular os estudantes do Ensino Médio no aprofundamento dos conteúdos.

Ao longo do experimento, o emprego da Modelagem Matemática proporcionou um ambiente mais favorável ao processo de ensino-aprendizagem. Os pressupostos teóricos examinados na Revisão da Literatura demonstraram que a Modelagem Matemática se consolida não apenas como uma abordagem metodológica alternativa, mas como uma estratégia pedagógica capaz de articular os conteúdos matemáticos a situações reais, investigativas e contextualizadas.

A intervenção planejada e executada em etapas, iniciando com uma avaliação diagnóstica, logo após a apresentação do contexto histórico, em seguida a confecção do ma, posteriormente a realização deste experimento, os cálculos e discussões, destinam a verificar mudanças no desempenho dos estudantes.

A sequência didática permite que o professor atue diretamente no contexto de aplicação, orientando encontros e mediando aprendizagens. A intervenção envolve decisões didáticas de alinhamento e realinhamento dos estudos ao longo do processo, como a retomada de conceitos ao sinal de dificuldades e a organização de cálculos.

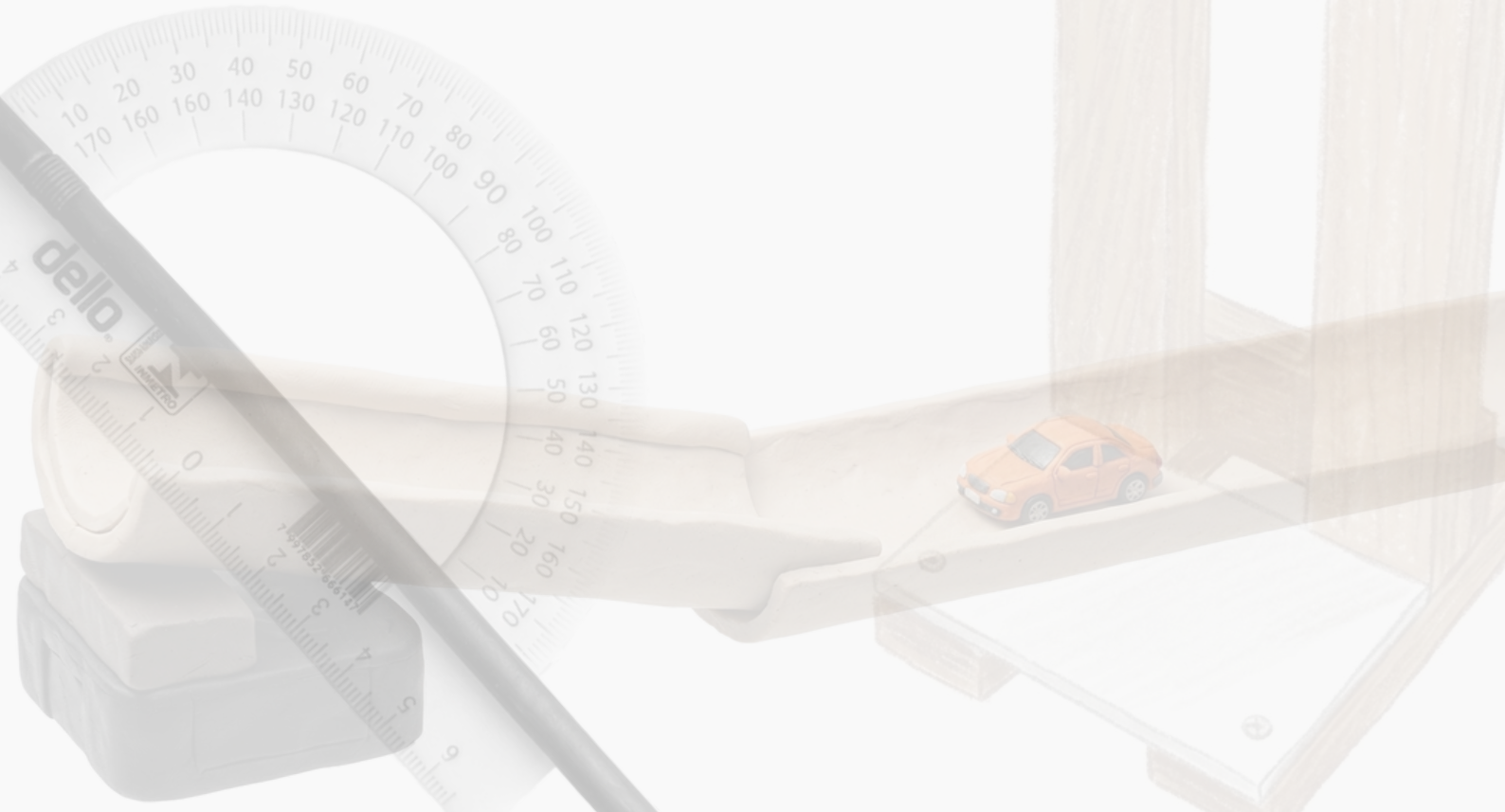
Espera-se um progresso do estudante ao longo da aplicação desta sequência didática, já que os resultados ao longo da pesquisa que originou este produto educacional, evidenciaram uma aprendizagem consistente e estruturada após a intervenção pedagógica, indicando uma mudança relevante na forma como a Matemática passou a ser compreendida, deixando de ser um conjunto de fórmulas a serem memorizadas e passando a ser uma ferramenta de análise e tomada de decisão.

A pesquisa produziu evidências consistentes de aprendizagem ao longo de sua execução, consolidando-se como uma alternativa metodológica para docentes que buscam articular teoria e prática, aproximando os conteúdos da realidade dos estudantes. Essa articulação viabilizou-se por meio de experimentos com materiais de baixo custo desenvolvidos no contexto da escola pública.

Por fim, a sequência didática, constitui uma possibilidade de articulação entre teoria e prática, letramento matemático e realidade social, contribuindo para a formação de estudantes mais críticos, conscientes, participativos e preparados para compreender e atuar no mundo ao seu redor.

7

DOS AUTORES



MARCOS VIVIAN DA ROCHA TOLENTINO



É GRADUADO EM LICENCIATURA EM MATEMÁTICA, PELA UESPI-UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ (TERESINA), MESTRANDO EM MATEMÁTICA PELO PROGRAMA PROFMAT, ASSOCIADO AO IFPI/CAMPUS FLORIANO-PI. ESPECIALISTA EM "MATEMÁTICA" PELO IFPI (FLORIANO) E EM "DOCÊNCIA DO ENSINO SUPERIOR" PELA FAETE-FACULDADE DAS ATIVIDADES EMPRESARIAIS DE TERESINA. PERTENCE, DESDE 2018, AO QUADRO DE TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS DAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO, ATUALMENTE LOTADO NO CTF-COLÉGIO TÉCNICO DE FLORIANO, ESCOLA TÉCNICA VINCULADA À UFPI-UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ E, PERTENCENTE AO QUADRO EFETIVO DE DOCENTES DA REDE MUNICIPAL DE FLORIANO.

GUILHERME LUIZ DE OLIVEIRA NETO



NATURAL DE BOQUEIRÃO–PB, É PROFESSOR DO INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ (IFPI), CAMPUS FLORIANO, ONDE ATUA DESDE 2007. GRADUADO EM MATEMÁTICA PELA UFCG, MESTRE EM MATEMÁTICA PELA UFPB E DOUTOR PELA UFCG, CONSTRUIU SUA TRAJETÓRIA PROFISSIONAL MOVIDO PELA PAIXÃO PELA MATEMÁTICA E PELO ENSINO. ATUALMENTE, COORDENA O PROFMAT NO IFPI – CAMPUS FLORIANO E ATUA NA COORDENAÇÃO DE OLIMPÍADAS DO CONHECIMENTO, COMO A OBMEP E A OLITEF. DEDICA-SE ESPECIALMENTE À FORMAÇÃO DE PROFESSORES, À EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E À EDUCAÇÃO FINANCEIRA, BUSCANDO CONTRIBUIR PARA UM ENSINO DE MATEMÁTICA MAIS SIGNIFICATIVO E PRÓXIMO DA REALIDADE.

RONALDO CAMPELO DA COSTA



É PROFESSOR DOUTOR EM MATEMÁTICA DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ (IFPI), ONDE ATUA NO ENSINO, NA PESQUISA E NA ORIENTAÇÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS. É DOCENTE DO MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL (PROFMAT), NO CAMPUS FLORIANO, E DESENVOLVE ATIVIDADES VOLTADAS AO ENSINO DE MATEMÁTICA, À FORMAÇÃO DE PROFESSORES E AO USO DE RECURSOS DIDÁTICOS E TECNOLÓGICOS NA EDUCAÇÃO. TAMBÉM É EDITOR-GERENTE DA THEOREMA INFINITUM JOURNAL, PERIÓDICO CIENTÍFICO DEDICADO À DIVULGAÇÃO DE PESQUISAS NAS ÁREAS DE MATEMÁTICA, EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIÊNCIAS EXATAS.

REFERÊNCIAS

BASSANEZI, R. C. Ensino-**Aprendizagem com Modelagem Matemática: uma nova estratégia**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2023.

BERLINGHOFF, William P. **A matemática através dos tempos: um guia fácil e prático para professores e entusiastas**. Tradução de Elza F. Gomide, Helena Castro. 2. ed. São Paulo: Blücher, 2010.
BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Documento completo. Brasília: MEC, 2018.

BOYER, Carl B. História da Matemática. Tradução de Elza F. Gomide. 3. ed. São Paulo: Blücher, 2010.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Documento completo. Brasília: MEC, 2018.

BRENNAN, Richard P. **Gigantes da física: uma história da física moderna através de oito biografias**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar ed., 2003.

CLUBES DE MATEMÁTICA DA OBMEP. **Hiparco de Nicéia**. s.d. Disponível em: https://clubes.obmep.org.br/blog/b_hiparco/. Acesso em: 20 ago. 2026.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação matemática: Da teoria à prática**. 4. ed. Campinas, SP: Papirus, 1996. (Coleção Perspectivas em Educação Matemática).

FREEMAN JR., D. C. **Nonlinear springs with applications to flow regulation valves and mechanisms**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2008.

GREER, Rita. Robert Hooke (1635-1703). 2009. 1 pintura, óleo sobre tela 38 x 49cm. Christ Church Gallery, University of Oxford. Disponível em: https://www.worldhistory.org/image/17914/portrait-of-robert-hooke/?utm_source=gemini#:~:text=Painted%20by%20Rita%20Greer%20in%202009.%20(,this%20page%20may%20have%20different%20licensing%20terms. Acesso em: 26 ago. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TOPOGRAFIA. **Fundamentos da Topografia: a base para medições precisas**. 2025. Disponível em: https://ibtopografia.com/blog/fundamentos-da-topografia/fundamentos-da-topografia/. Acesso em: 20 ago. 2026.

KNELLER, Sir Godfrey. **Sir Isaac Newton. 1702**. 1 pintura, óleo sobre tela, 75,6 x 62,2 cm. National Portrait Gallery, Londres, NPG 2881. Disponível em: https://www.npg.org.uk/collections/search/person/mp03274/sir-isaac-newton. Acesso em: 26 ago. 2026.

MELNYK, Anastasiia; NASCIMENTO, Luciano. **Análise experimental do sistema massa-mola através da Lei de Hooke**. Revista Perspectivas Online: Exatas & Engenharias, v. 7, n. 19, p. 36–41, dez. 2017. ISSN 2236-885X. Disponível em: https://www.perspectivasonline.com.br/exatas_e_engenharia/article/view/948/942. Acesso em: 2 jul. 2026. DOI: https://doi.org/10.25242/885x7192017948.

REFERÊNCIAS

MOREIRA, Ildeu de Castro. **Robert Hooke 1635-1703**. Revista Educação Pública, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, 31 dez. 2005. Disponível em: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/2/1/robert-hooke-1635-1703. Acesso em: 12 jul. 2026. DOI: 10-18264/REP.

MUSEO ARQUEOLÓGICO NACIONAL. **Astrolabe of Ibn Said al-Sahli**. Objeto de Ibrahim ibn Said al-Sahl, 1067; registro disponibilizado no Google Arts & Culture. s.d.
Disponível em: https://artsandculture.google.com/asset/astrolabe-of-ibn-said-al-sahli-ibrahim-ibn-said-al-sahl/IAEdyWc3PAdCMw. Acesso em: 20 ago. 2026.

NASCIMENTO, Luciano. **Análise experimental do sistema massa-mola através da Lei de Hooke**. Educação & Tecnologia (CEFET-MG), Belo Horizonte, v. 21, n. 3, p. 27–31, set./dez. 2016.

OLIVEIRA, C. **A utilização de experimentos como estratégia didática no ensino das Leis Newton**. 2022. São Bernardo, MA. Disponível em http://hdl.handle.net/123456789/5386. Acesso em: 12 jul. 2026.

SILVA, M. A. **Teodolito caseiro: construindo significados para conceitos das razões trigonométricas (seno, cosseno e tangente)**. Com a Palavra, o Professor, v. 6, n. 14, p. 16-24, 2021. Disponível em: https://periodicos2.uesb.br/cpp/article/view/17510/10538. Acesso em: 12 jul. 2026.

TEIXEIRA, Gabriel dos Santos. Aplicações matemáticas em trigonometria: A construção e uso do teodolito caseiro para o ensino de trigonometria no triângulo retângulo para alunos do 8º ano. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT) – Universidade de Brasília. Brasília, 2025.

THE BRITISH MUSEUM. **The Rhind Mathematical Papyrus**. Museum number EA10057. s.d. Disponível em: https://www.britishmuseum.org/collection/object/Y_EA10057. Acesso em: 20 ago. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Colégio Técnico de Floriano**. s.d. Disponível em: https://ufpi.br/ctf. Acesso em: 20 ago. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe**. s.d. Disponível em: http://museudetopografia.ufrgs.br/museudetopografia/. Acesso em: 20 ago. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Departamento de Matemática**. s.d. Disponível em: https://www.dm.ufscar.br/profs/waldeck/sourceforge/svgtest.php. Acesso em: 20 ago. 2026.

UNIVERSITY COLLEGE LONDON. **Petrie Museum of Egyptian and Sudanese Archaeology**. UCL Culture. s.d. Disponível em: https://www.ucl.ac.uk/culture/petrie-museum. Acesso em: 20 ago. 2026.

UNIVERSITY OF OKLAHOMA. **16th century: Exhibit Items. History of Science Collections**, University of Oklahoma Libraries. s.d. Disponível em: https://galileo.ou.edu/16th-century.html. Acesso em: 20 ago. 2026.

REFERÊNCIAS

VIANA, Paulo Cesar Ferreira. **Sistema massa-mola e suas propriedades: um estudo analítico via álgebra linear**. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT) – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Campus Auroras, Redenção, 2023.

VINCIGUERRA, Thomas. **Babylon Revisited: How a Chunk of Ancient Math History Got to Columbia**.Columbia Magazine. 2017. Disponível em: https://magazine.columbia.edu/article/babylon-revisited. Acesso em: 20 ago. 2026.

WESTFALL, R. S. **A vida de Isaac Newton**. Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.

