



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

RONALT GOMES DA SILVA

**PHYSICAR - UTILIZAÇÃO DO ARDUINO E RASPBERRY PI COMO
FERRAMENTAS EM AULAS DE FÍSICA EXPERIMENTAL**

**FORTALEZA
2025**



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



RONALT GOMES DA SILVA

PHYSICAR - UTILIZAÇÃO DO ARDUINO E RASPBERRY PI COMO FERRAMENTAS
EM AULAS DE FÍSICA EXPERIMENTAL

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, oferecido pela Universidade Federal do Ceará em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S583p Silva, Ronalt Gomes da.

PHYSICAR - Utilização do Arduino e Raspberry Pi como ferramentas em aulas de Física Experimental /
Ronalt Gomes da Silva. – 2025.

180 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação
em Física, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.

1. Arduino. 2. Física experimental. 3. metodologias ativas. I. Título.

CDD 530

RONALT GOMES DA SILVA

PHYSICAR - UTILIZAÇÃO DO ARDUINO E RASPBERRY PI COMO FERRAMENTAS
EM AULAS DE FÍSICA EXPERIMENTAL

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Ceará em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 23 de outubro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva– MNPEF/UFC (Presidente da Banca)

Prof. Dr. João Guilherme Nogueira Matias – MNPEF/UFC

Prof. Dr. Gilberto Dantas Saraiva – MNPEF/UECE



Aos meus pais, meu porto seguro, sempre presente nos momentos mais desafiadores e nas conquistas mais significativas.

À Tarciana, meu amor, minha eterna gratidão pelo carinho, paciência, compreensão e apoio incondicional nas horas mais dificeis.

À Maria Amélia Sampaio de Almeida Mendes, diretora da EEMTI Ronaldo Caminha Barbosa, que foi um apoio essencial, com cuidado, carinho e incentivo que lembram o afeto materno.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças ao apoio e à colaboração de muitas pessoas e instituições, às quais expresso minha mais profunda gratidão.

Ao meu orientador, Professor Dr. Marcos Antônio Araújo Silva, pela dedicação, paciência e compromisso com minha formação acadêmica. Seus ensinamentos ultrapassam o âmbito da pesquisa e são um reflexo de seu compromisso com o ensino e a ciência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro por meio das bolsas concedidas ao programa.

Aos colegas do mestrado, pelo companheirismo e pelas trocas enriquecedoras ao longo desta jornada. As discussões acadêmicas e os momentos de aprendizado mútuo foram essenciais para a construção deste trabalho.

Aos professores e funcionários da EEMTI Ronaldo Caminha Barbosa, que tornaram possível a implementação das ideias discutidas nesta pesquisa. O compromisso dessa escola com a educação e com a inovação no ensino foram inspirações constantes.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste sonho, meu mais sincero e profundo agradecimento.

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

Paulo Freire

RESUMO

Em meio à crescente integração de tecnologias no ambiente educacional, este estudo propõe analisar as possibilidades de uso de plataformas de prototipagem eletrônica, como o Arduino e o Raspberry Pi, no ensino de Física Experimental. A pesquisa tem como base a percepção dos docentes da Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Ronaldo Caminha Barbosa, buscando compreender como esses recursos podem potencializar a experiência educacional. O trabalho envolve o desenvolvimento e validação de sequências didáticas, avaliando sua eficácia na coleta de dados, o papel da programação no ensino e os impactos dessas ferramentas na percepção e aplicabilidade dos conteúdos pelos alunos. Para a coleta de informações, utilizou-se uma abordagem bibliográfica e experimental, fundamentada em referenciais teóricos sobre o uso de tecnologias no ensino de Ciências. A análise revelou que a implementação desses dispositivos facilitou a compreensão de conceitos físicos, tornando as aulas mais interativas. A revisão da literatura destacou o impacto das inovações tecnológicas na educação, promovendo maior engajamento dos estudantes e o desenvolvimento de habilidades analíticas. Além disso, os desafios da Física Experimental evidenciaram a necessidade de adaptação metodológica e da adoção de estratégias inovadoras que integrem robótica e experimentação, alinhando-se à evolução dos recursos digitais. Os resultados confirmam que o uso de dispositivos programáveis pode enriquecer a prática experimental no Ensino Médio, tornando-a mais dinâmica, acessível e envolvente. Esses achados reforçam a importância da incorporação de novas ferramentas ao contexto educacional, visando aprimorar o ensino-aprendizagem e estimular o interesse dos alunos pela disciplina.

Palavras-chave: Arduino; Física experimental; metodologias ativas.

ABSTRACT

Amidst the growing integration of technology in education, this study aims to analyze the potential of electronic prototyping platforms, such as Arduino and Raspberry Pi, in Experimental Physics teaching. The research is based on the perception of teachers at the Ronaldo Caminha Barbosa Full-Time High School, seeking to understand how these tools can enhance educational experience. The study involves the development and validation of didactic sequences, assessing their effectiveness in data collection, the role of programming in education, and the impact of these technologies on students' understanding and application of physics concepts. For data collection, a bibliographic and experimental research approach was adopted, grounded in theoretical references on the use of technology in Science Education. The findings indicate that the implementation of such devices facilitates comprehension of physical concepts, making lessons more interactive. The literature review highlights the impact of technological innovations in education, fostering greater student engagement and the development of analytical skills. Moreover, the challenges of Experimental Physics underscore the need for methodological adaptation and the adoption of innovative strategies that integrate robotics and hands-on experimentation, keeping pace with digital advancements. The results confirm that programmable devices can significantly enrich experimental activities in high school, making them more dynamic, accessible, and engaging. These insights reinforce the importance of incorporating new technological tools into the educational context to enhance teaching and learning while stimulating students' interest in physics.

Keywords: Arduino; experimental Physics; active methodologies.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CE	Ceará
EEMTI	Escola de Ensino Médio em Tempo Integral
LEC	Laboratório Educacional de Ciências
LEI	Laboratório Educacional de Informática
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
MU	Movimento Uniforme
MUV	Movimento Uniformemente Variado
SI	Sistema Internacional de Unidades
UEPS	Unidades de Ensino Potencialmente Significativas
UFC	Universidade Federal do Ceará
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de um circuito simples fechado com o fluxo de elétrons livre com velocidade de arraste (v_a). A corrente I através da área com seção reta A é a taxa de variação com o tempo da carga transferida através de A	26
Figura 2 - Um conjunto de resistores de fio axial com resistências variadas.....	27
Figura 3 - Símbolos de resistores mais comuns em diagramas de circuitos elétricos	27
Figura 4 - Variação da resistividade ρ em função da temperatura absoluta T para (a) um metal normal, (b) um semicondutor e (c) um supercondutor.	29
Figura 5 - Resistor ôhmico (p. ex., um fio metálico comum): a uma dada temperatura, a corrente é proporcional à tensão.	30
Figura 6 - Diodo semicondutor: um resistor não ôhmico	31
Figura 7 - Partícula (P) se desloca do ponto A para o ponto B, percorrendo uma distância d. .	32
Figura 8 - Posição de um carro de corrida em dois instantes de sua trajetória.....	33
Figura 9 - Fotografia estroboscópica de uma bola de tênis em movimento uniforme ao lado de uma régua.	34
Figura 10 - Fotografia de múltipla exposição de uma bola em queda livre.	39
Figura 11 - Uma pena e uma maçã em queda livre no vácuo sofrem a mesma aceleração g. É por isso que a distância entre as imagens estroboscópicas aumenta durante a queda, e o aumento é o mesmo para os dois objetos.	40
Figura 12 - Um lançador arremessa uma bola de beisebol para cima. As equações de queda livre se aplicam tanto a objetos que estão subindo como a objetos que estão caindo, desde que a influência do ar possa ser desprezada.....	41
Figura 13 - Entrada da EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA.....	52
Figura 14 - Laboratório de Ciências da EEMTI Ronaldo Caminha	53
Figura 15 - Alunos montando o PHYSICAR	54
Figura 16 - Preparação do percurso para a prática com o PhysiCAR	55
Figura 17 - Detalhe do Raspberry Pi 4B em bancada.....	56
Figura 18 - Etapa de instalação do Raspberry Pi OS.....	57

Figura 19 - Conjunto de componentes do PhysiCAR	59
Figura 20 - Etapa de codificação e depuração	60
Figura 21 - Teste de atuação dos motores do PhysiCAR.....	61
Figura 22 - Folha de pré-teste aplicada à turma	62
Figura 23 - Condução do experimento com o PhysiCAR	63
Figura 24 - Roda de conversa pós-experimento	64
Figura 25 - Preparação das referências de medida	65
Figura 26 - Gráfico s×t elaborado pelos estudantes	66
Figura 27 - Distância, tempo médio e quadrado do tempo no plano inclinado (MUV).....	68
Figura 28 - Processamento das leituras do PhysiCAR	70
Figura 29 - Perguntas do Pré-Teste de Velocidade Média	73
Figura 30 - PhysiCAR utilizado nos experimentos de velocidade média, controlado por aplicativo móvel	76
Figura 31 - Perguntas do Pré-Teste de Movimento Uniforme.....	77
Figura 32 - Perguntas do Pré-Teste de Movimento Uniformemente Variado (MUV).....	81
Figura 33 - Perguntas do Pré-Teste de Queda Livre.....	85
Figura 34 - Perguntas do Pós-Teste de Velocidade Média.....	90
Figura 35 - Resposta de estudante à questão aberta sobre a constância da velocidade durante o experimento de Velocidade Média	92
Figura 36 - Estudantes registrando dados experimentais na tabela de resultados durante a sequência sobre Velocidade Média.....	92
Figura 37 - Exposição inicial sobre o Movimento Uniforme e orientações para a atividade prática com o PhysiCAR.	93
Figura 38 - Tabela 3.5 do manual de prática preenchida pelos estudantes durante o experimento de Movimento Uniforme	94
Figura 39 - Registro gráfico da função horária do Movimento Uniforme, etapa que favoreceu a compreensão da reta como representação da velocidade constante	96
Figura 40 - Tabela 3.7 do manual preenchida pelos estudantes	97

Figura 41 - Perguntas do Pós-Teste de MUV no Plano Inclinado.....	98
Figura 42 - Perguntas do Pós-Teste de Queda Livre.....	101
Figura 43 - Depoimento dos alunos sobre o PhysiCAR.....	104
Figura 44 - Instalador do Sistema Operacional (SO)	118
Figura 45 - Escolha do SO.....	119
Figura 46 - Cartão Micro SD (a) acompanhado dos adaptadores SD (b) e USB (c).....	120
Figura 47 – Motores com os fios e suportes instalados.....	121
Figura 48 – Motores presos ao Chassi.....	121
Figura 49 – Esquema de montagem dos motores e suporte de pilhas.....	122
Figura 50 – Placa Arduino preso ao Chassi superior do PhysiCAR.....	122
Figura 51 – Modulo Bluetooth HC-06.	123
Figura 52 – Ligação do Módulo HC-06 em uma protoboard.	124
Figura 53 – Arranjo de ligação do Módulo Bluetooh HC-06 ao Arduino.	125
Figura 54 – Módulo ultrassônico.....	125
Figura 55 – Estrutura de ligação dos módulos ao Arduino Uno.....	126
Figura 56 – PhysiCAR montado.....	127
Figura 57 – Tela inicial do Software Arduino IDE.....	129
Figura 58 – Inclusão de bibliotecas no Arduino IDE.	130
Figura 59 – Arduino IDE com o código do programa de funcionamento do PHYSICAR. ...	133
Figura 60 – Bluetooth RC Controller, aplicativo que executará os comandos no PhysiCAR.	134
Figura 61 - Distinção entre a "distância percorrida" Δs e o "deslocamento" d	135
Figura 62 – Representação do trajeto de um automóvel entre 11 h e 12 h 30 min.....	136
Figura 63 – Esquema de marcação com as fitas crepe.	138
Figura 64 – O deslocamento do móvel é constante a cada segundo.....	146
Figura 65 – Esquema de marcação com as fitas crepe.	148

Figura 66 – Movimento de uma partícula em dois instantes.....	153
Figura 67– Movimento de uma partícula em dois instantes.....	154
Figura 68 - PhysiCAR no plano inclinado.....	156
Figura 69 – Esboço teórico da queda de uma esfera realizada em intervalos constantes de tempo.....	163
Figura 70 – Planilha auxiliar de dados que calcula os intervalos de tempo e espaço automaticamente.....	166
Figura 71 – Função de cópia de arquivo habilitada.....	166
Figura 72 – Esboço do PhysiCAR com o Módulo Ultrassônico fazendo leituras.....	167
Figura 73 – Monitor Serial realizando leituras de distância.....	167
Figura 74 – Planilha com aplicação dos dados.....	168

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico posição × tempo (MRU)	35
Gráfico 2 - Gráfico velocidade × tempo (MRUV)	37
Gráfico 3 - Publicações anuais sobre o uso do Arduino no ensino de Física no Brasil (2011-2021).....	47
Gráfico 4 - Análise gráfica do MUV	68
Gráfico 5 - Gráfico do total de acertos nos pré-testes	72
Gráfico 6 - Percentual de acertos e erros por questão no pré-teste de Velocidade Média	74
Gráfico 7 - Distribuição das respostas da Questão 3 - Pré-teste Velocidade Média.....	75
Gráfico 8 - Percentual de acertos e erros por questão no pré-teste de Movimento Uniforme..	78
Gráfico 9 - Distribuição das respostas da Questão 3	79
Gráfico 10 - Distribuição das respostas da Questão 5	80
Gráfico 11 - Distribuição de respostas da Questão 1 - MUV	82
Gráfico 12 - Distribuição de respostas da Questão 2 - MUV	82
Gráfico 13 - Distribuição de respostas da Questão 3 - MUV.....	83
Gráfico 14 - Distribuição de respostas da Questão 4 - MUV	84
Gráfico 15 - Distribuição de respostas da Questão 5 - MUV	84
Gráfico 16 - Resultados do pré-teste de Queda livre.....	86
Gráfico 17 - Distribuição de respostas da Questão 1 - Queda livre	86
Gráfico 18 - Distribuição de respostas da Questão 2 - Queda livre	87
Gráfico 19 - Distribuição de respostas da Questão 3 - Queda livre	88
Gráfico 20 - Distribuição de respostas da Questão 4 - Queda livre	88
Gráfico 21 - Gráfico de comparação entre pré e pós-teste de velocidade média	91
Gráfico 22 - Gráfico posição × tempo ($s \times t$) elaborado a partir dos dados da Tabela 3.5 preenchida pelos estudantes.....	95
Gráfico 23 - Gráfico de acertos do pós-teste da prática de MUV	99

Gráfico 24 - Gráfico do espaço em função do tempo (t) para um corpo em queda livre, mostrando a curva característica de movimento uniformemente variado	100
Gráfico 25 - Gráfico do espaço em função do quadrado do tempo (t^2) para um corpo em queda livre, evidenciando a relação linear prevista teoricamente.....	100
Gráfico 26 - Percentual de acertos do pós-teste de Queda Livre.....	102
Gráfico 27 - Comparativo de acertos no pré e pós teste no experimento de Queda livre	102
Gráfico 28 - Opiniões dos alunos sobre aulas de Física antes e depois do PhysiCAR	103
Gráfico 29 - Opiniões dos alunos sobre a manutenção de aulas experimentais com o PhysiCAR	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores da resistividade em temperatura ambiente (20º C)	28
Tabela 2 - Coeficientes de temperatura da resistividade (valores aproximados em torno da temperatura ambiente).	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1	Trabalhos do Mestrado Profissional em Ensino de Física	21
2.2	Trabalhos Acadêmicos.....	23
2.3	Abordagem nos materiais de Ensino Médio.....	23
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM FÍSICA.....	25
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	42
4.1	Introdução às fundamentações conceituais do ensino de Física experimental.....	42
4.2	O uso de tecnologias no ensino de Física experimental	44
4.3	Arduíno no ensino de Física: histórico e potencial educacional	45
5	JUSTIFICATIVA	49
6	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	51
6.1	Metodologia	51
6.2	Local de aplicação e público-alvo.....	52
6.3	Montagem do Raspberry Pi.....	56
6.4	Montagem do Physicar.....	58
6.5	Aplicação das sequencias didáticas	62
6.5.1	<i>Experimento Velocidade Média</i>	64
6.5.2	<i>Experimento Entendendo a Equação de Movimento Uniforme</i>	66
6.5.3	<i>Movimento Uniformemente Variado (MUV)</i>	67
6.5.4	<i>Experimento Queda-Livre</i>	69
7	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	71
7.1	Análise dos questionários de pré-teste.	71
7.1.1	<i>Velocidade Média</i>	72
7.1.2	<i>Equação do Movimento Uniforme (MU)</i>	76

7.1.3	<i>Movimento Uniformemente Variado (MUV)</i>	80
7.1.4	<i>Queda-Livre</i>	84
7.2	Análise dos resultados das sequências didáticas	89
7.2.1	<i>Prática de Velocidade Média</i>	89
7.2.2	<i>Prática de Movimento Uniforme (MU)</i>	93
7.2.3	<i>Prática de Movimento Uniformemente Variado (MUV) em plano inclinado</i>	96
7.2.4	<i>Prática de Queda-livre</i>	99
7.2.5	<i>Percepções e Impactos da Intervenção</i>	103
8	CONCLUSÕES.....	106
	REFERÊNCIAS.....	107
	APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	113
	APÊNDICE B – PRÉ-TESTES E PÓS-TESTES	172

1 INTRODUÇÃO

A análise da implementação do Arduino e do Raspberry Pi no ensino de Física Experimental tem se tornado um tema relevante diante da crescente integração de tecnologias no ambiente educacional. Essa abordagem busca compreender como essas ferramentas podem potencializar o aprendizado, considerando os desafios e as oportunidades que oferecem para tornar o ensino mais interativo e prático.

À luz da Teoria da Aprendizagem Significativa, novas ideias devem ancorar-se em subsunções (Ausubel, 2000). De forma geral, o uso de tecnologias no ensino de Física tem se expandido como uma estratégia para tornar o aprendizado mais interativo e acessível. Com isso, ferramentas como o Arduino e o Raspberry Pi possibilitam experimentações práticas, permitindo que os alunos compreendam melhor conceitos abstratos por meio da aplicação direta. Essa pesquisa foca na implementação dessas tecnologias em aulas de Física Experimental na EEMTI Ronaldo Caminha Barbosa, analisando seus benefícios, desafios e impactos na aprendizagem dos alunos e na prática docente.

Embora o ensino de Física Experimental desempenhe um papel fundamental na compreensão dos fenômenos naturais, muitos estudantes enfrentam dificuldades na assimilação dos conceitos abstratos, especialmente quando o aprendizado se baseia apenas na teoria. A integração de tecnologias educacionais pode ser uma alternativa eficaz para tornar as aulas mais dinâmicas e aplicáveis à realidade dos alunos. Entre essas tecnologias, a Robótica Educacional destaca-se por possibilitar experimentos interativos e acessíveis, promovendo uma abordagem mais prática e engajadora. No entanto, ainda há desafios na implementação dessas ferramentas, como a adaptação de metodologias, a capacitação dos professores e a aceitação dos alunos. Diante disso, esta pesquisa busca responder à seguinte questão: De que forma a incorporação do Arduino como ferramenta em aulas de Física Experimental impacta a compreensão dos conceitos físicos e a capacidade dos alunos de aplicá-los em soluções práticas?

Diante da necessidade de tornar o ensino de Física Experimental mais acessível e interativo, esta pesquisa busca investigar o impacto de ferramentas tecnológicas na compreensão e aplicação dos conceitos físicos pelos alunos. Para isso, será desenvolvida e validada uma sequência didática que integre experimentação e montagem de circuitos eletrônicos, analisando sua eficácia como ferramenta de coleta e análise de dados. Além disso, será explorado o papel da programação na criação de aplicações educacionais, bem como a perspectiva dos professores sobre a inclusão desses recursos no ensino médio. Por fim,

pretende-se avaliar o impacto dessa abordagem na percepção dos estudantes, investigando como essa metodologia pode contribuir para um aprendizado mais significativo e aplicado.

Segundo o que é tratado na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que indica competências e habilidades necessárias que devem ser trabalhadas na educação básica. Para cada uma das competências é descrita uma habilidade que permita:

[...] uma ampliação junto com a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza (Brasil, 2018).

A integração de novas tecnologias no ensino de Física tem se mostrado uma estratégia essencial para melhorar a aprendizagem dos estudantes, tornando os conceitos abstratos mais acessíveis e aplicáveis. No entanto, muitos métodos tradicionais ainda carecem de recursos que incentivem a experimentação prática e a resolução de problemas de maneira interativa. Diante disso, este estudo propõe a utilização do Arduino e do Raspberry Pi como ferramentas didáticas para potencializar o ensino de Física Experimental, explorando suas contribuições para a compreensão conceitual e a aplicação prática dos conteúdos.

A pesquisa adota uma abordagem experimental, com a aplicação de ferramentas tecnológicas no ensino de Física Experimental e a análise dos impactos dessa estratégia na aprendizagem dos alunos. A coleta de dados será realizada por meio de questionários estruturados, aplicados antes e depois da utilização do Arduino e Raspberry Pi nas aulas, buscando identificar mudanças na compreensão dos conceitos físicos e na percepção dos estudantes sobre a aplicabilidade da Física. Os questionários serão aplicados a alunos do ensino médio da EEMTI Ronaldo Caminha Barbosa, além de entrevistas semiestruturadas com professores para compreender suas perspectivas sobre a implementação dessas tecnologias.

Além dos questionários, serão realizadas observações diretas durante as aulas experimentais, registrando o nível de engajamento e interação dos estudantes com os experimentos. Esse acompanhamento permitirá verificar a aceitação da metodologia e identificar dificuldades encontradas no processo.

Para o tratamento dos dados, a análise seguirá uma abordagem mista, combinando técnicas quantitativas e qualitativas. Os questionários fornecerão dados estatísticos, analisados por meio de médias, desvio padrão e comparação de grupos (experimental e controle), permitindo avaliar a efetividade da metodologia. Já as entrevistas e observações serão examinadas por meio da análise de conteúdo, categorizando as respostas em padrões e

tendências, possibilitando uma interpretação aprofundada da experiência dos alunos e professores com o uso da tecnologia no ensino de Física.

Dessa forma, a pesquisa busca fornecer evidências concretas sobre a viabilidade e os impactos do uso de ferramentas tecnológicas no ensino experimental, contribuindo para a formulação de novas práticas pedagógicas mais dinâmicas e interativas.

Este trabalho está estruturado para abordar, de forma progressiva, o uso de tecnologias no ensino de Física Experimental, desde o embasamento teórico até a aplicação prática do Arduino e do Raspberry Pi na aprendizagem dos alunos. Inicialmente, são apresentados o problema de pesquisa, os objetivos, a justificativa e a metodologia adotada no estudo, situando o leitor quanto ao escopo da investigação.

A pesquisa segue com uma discussão sobre a importância da experimentação no ensino de Física, analisando sua relevância para o desenvolvimento cognitivo e a aprendizagem significativa. Em seguida, é explorada a evolução histórica e filosófica da Física Experimental, destacando seu impacto no avanço científico e na construção do conhecimento.

No aprofundamento teórico, são abordadas as tecnologias aplicadas ao ensino de Ciências, enfatizando o potencial de ferramentas digitais para tornar a aprendizagem mais dinâmica e acessível. Nesse contexto, há uma análise detalhada do Arduino e do Raspberry Pi, ressaltando suas funcionalidades, aplicações educacionais e benefícios para o ensino experimental. Além disso, discute-se o papel da interatividade na assimilação dos conceitos físicos e como metodologias ativas podem contribuir para um aprendizado mais eficiente.

A metodologia da pesquisa é descrita em detalhes, abrangendo os procedimentos de coleta e análise de dados, incluindo questionários, observações e entrevistas realizadas com professores e alunos. Também são apresentadas as sequências didáticas desenvolvidas para a aplicação do Arduino e Raspberry Pi, descrevendo os experimentos conduzidos e os conceitos físicos abordados.

Por fim, são analisados os resultados obtidos, avaliando a eficácia da metodologia, o impacto no aprendizado dos alunos e a percepção dos professores sobre a experiência. O estudo se encerra com as considerações finais, sintetizando as principais conclusões, implicações para a prática docente e sugestões para futuras pesquisas na área.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Existem vários estudos relacionados ao tema central desta dissertação, empregando diversas metodologias, abordagens e materiais distintos. Isso evidencia o comprometimento de vários autores com a utilização da Física Experimental como ferramenta de engajamento dos alunos e a importância de buscar alternativas em escolas que não possuem laboratórios de Física equipados, além de tornar o aprendizado mais significativo. A revisão da literatura foi estruturada em três seções: dissertações produzidas no âmbito do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), pesquisas em artigos científicos e livros didáticos usados no Ensino Médio.

2.1 Trabalhos do Mestrado Profissional em Ensino de Física

Na literatura acadêmica, é possível encontrar diversas dissertações que exploram o uso de plataformas como Arduino e Raspberry Pi no ensino de Física Experimental. Neste capítulo, analisamos alguns desses trabalhos produzidos no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), destacando as abordagens metodológicas, os objetivos pedagógicos e os impactos observados no ensino-aprendizagem. A escolha desses trabalhos foi feita, a priori, considerando a afinidade temática com esta pesquisa, especialmente aqueles que tratam da utilização de tecnologias digitais em contextos educacionais e da aplicação prática da Física Experimental em sala de aula.

A experimentação tem sido uma estratégia central em diversas pesquisas. Mourão (2018) desenvolveu uma proposta de ensino baseada no uso da plataforma Arduino como ferramenta motivacional para a aprendizagem de Física. O autor estruturou uma sequência didática abordando conceitos de cinemática, dinâmica e eletricidade, utilizando sensores e atuadores para coletar dados experimentais. A metodologia fundamentou-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e no construtivismo, buscando tornar os conceitos mais tangíveis para os alunos.

Já Farias Júnior (2020) propôs a utilização do Arduino como facilitador no estudo de ondas no ensino médio. A abordagem adotada seguiu o modelo de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), no qual foram desenvolvidas atividades experimentais para ilustrar fenômenos ondulatórios, como propagação e interferência. O autor identificou que

a aplicação da tecnologia aumentou o engajamento dos estudantes e permitiu uma compreensão mais intuitiva dos conceitos físicos.

No campo da robótica educacional, Matos (2021) explorou a construção e aplicação de carrinhos de controle remoto para abordar conceitos de dinâmica, como forças e as leis de Newton. Os alunos trabalharam em grupos para montar os dispositivos e realizar medições experimentais, promovendo um aprendizado mais ativo e investigativo. O estudo evidenciou que a utilização de tecnologias acessíveis e de baixo custo pode transformar o ensino de Física, aproximando-o do cotidiano dos estudantes.

Outro estudo relevante é o de Rocha (2024), que propôs uma abordagem *maker* para o ensino de circuitos elétricos. O autor desenvolveu uma sequência didática utilizando tinta condutiva para a construção de circuitos, permitindo que os alunos visualizassem de forma concreta os conceitos de resistência, corrente elétrica e diferença de potencial. Baseado na teoria sociointeracionista de Vygotsky, o trabalho destacou a importância da colaboração entre os estudantes e a construção coletiva do conhecimento.

O uso de simulações computacionais também tem sido uma estratégia amplamente explorada. Sampaio (2018) desenvolveu um experimento sobre transformação gasosa utilizando o aplicativo Termoduino. A proposta envolveu a coleta de dados em tempo real por meio de sensores de pressão e temperatura conectados a um microcontrolador, permitindo aos alunos comparar os resultados experimentais com previsões teóricas. O estudo revelou que o uso de aplicativos interativos pode tornar o ensino de Física mais dinâmico e envolvente.

Finalmente, Silveira (2016) elaborou um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna. O autor desenvolveu experimentos didáticos sobre o efeito fotoelétrico e propriedades elétricas do plasma, demonstrando como a tecnologia pode ser utilizada para tornar acessíveis temas tradicionalmente considerados abstratos e complexos. O estudo reforça a importância da experimentação no ensino de conceitos da Física Moderna, frequentemente negligenciados no ensino médio.

Os trabalhos analisados evidenciam o potencial das novas tecnologias no ensino de Física, proporcionando abordagens inovadoras e metodologias interativas. A integração de plataformas como Arduino e Raspberry Pi permite não apenas a realização de experimentos práticos, mas também o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade investigativa dos estudantes. Esses estudos reforçam a necessidade de adaptação metodológica e a importância de estratégias que tornem a aprendizagem mais dinâmica e significativa.

2.2 Trabalhos acadêmicos

Revisões clássicas mostram que o trabalho prático promove aprendizagem conceitual quando há objetivos claros, tomada de decisão com dados e discussão estruturada (Abrahams e Millar, 2008; Hofstein e Lunetta, 2004; Millar, 2004). Dissertações que abordam o uso de tecnologias acessíveis como ferramentas para o ensino de Física Experimental. Almeida, Dias e Julião (2017) apresentaram a placa Raspberry Pi associada a um LDR (*Light Dependent Resistor*) para medição do período de um pêndulo simples e determinação da aceleração da gravidade, obtendo resultados próximos ao valor teórico com baixo custo e simplicidade operacional.

Da mesma forma, Fernandes, Hartmann e Dorneles (2014) utilizaram o Arduino para criar uma sequência didática sobre eletricidade, proporcionando aos alunos uma participação ativa na construção do conhecimento por meio de experimentos simples e acessíveis. Esse estudo evidencia a viabilidade de tecnologias digitais como elementos potencializadores da aprendizagem significativa e do interesse dos estudantes pelo estudo da Física Experimental.

Blikstein, Valente e Moura (2020) reforçam a importância da educação *maker*, destacando a necessidade de integrar essas tecnologias ao currículo escolar, não apenas como ferramentas isoladas, mas como meios efetivos para promover a compreensão dos conceitos científicos.

Esses exemplos corroboram a proposta deste trabalho, evidenciando que o uso do Arduino e Raspberry Pi pode representar uma valiosa contribuição para o ensino de Física Experimental no Ensino Médio, promovendo uma abordagem significativa e integrada dos conteúdos curriculares.

2.3 Abordagem nos materiais de Ensino Médio

Os livros didáticos tradicionais, amplamente utilizados nas escolas brasileiras, apresentam o conteúdo de Física predominantemente através de abordagens teóricas, muitas vezes com pouca ênfase em experimentos práticos. Nesta seção, a análise toma como referência os materiais utilizados localmente na escola em que a pesquisa foi desenvolvida, edições

anteriores à reforma do Ensino Médio e, portanto, fora do PNLD vigente, por refletirem o corpus efetivamente manuseado por docentes e estudantes no contexto empírico deste estudo.

No livro "Tópicos de Física" (Bôas, 2012), por exemplo, ainda há um estímulo à realização de experimentos simples do tipo "faça você mesmo", porém com limitações em relação à diversidade de materiais e abordagens. Já no livro "Física Clássica", Calçada e Sampaio (2012), nota-se uma abordagem predominantemente teórica, sem um forte incentivo à prática experimental. Esses títulos são apresentados como exemplos ilustrativos do acervo em uso pedagógico local, e não como mapeamento exaustivo ou representativo de todo o conjunto de obras adotadas nacionalmente.

Observa-se, portanto, um espaço importante que pode ser preenchido com iniciativas como a proposta por esta pesquisa, que utiliza materiais acessíveis, como Arduino e Raspberry Pi, permitindo maior diversidade de experimentações e uma abordagem mais interativa dos conceitos físicos abordados no Ensino Médio.

Dessa forma, o presente trabalho busca complementar e enriquecer as práticas experimentais tradicionais, incentivando um ensino mais significativo, interativo e alinhado às novas demandas educacionais. Por transparência metodológica, informo que os títulos analisados foram escolhidos porque são os que circulam de fato na escola onde a pesquisa foi realizada e porque dialogam diretamente com o objetivo deste estudo: ampliar oportunidades de experimentação de baixo custo mediada por tecnologias digitais.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM FÍSICA

Para entender o funcionamento da Eletricidade e dos aparelhos eletroeletrônicos que nos cercam temos que nos lembrar de um grande ensinamento: Toda matéria, ou corpo material, que existe no Universo é composto por átomos. Já esses, possuem prótons, elétrons e neutros, que são partículas subatômica com carga elétrica positiva, negativa e neutra, respectivamente.

Quando temos um movimento ordenado dessas partículas eletrizadas denominamos de Corrente Elétrica. De acordo com a capacidade de conduzir essa Corrente Elétrica, classificamos os materiais em condutores ou isolantes, sendo este último, aquele que oferece maior resistência a passagem de corrente elétrica.

A intensidade i da corrente através de uma dada secção do fio condutor é definida como a quantidade de carga que atravessa esta secção por unidade de tempo:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Equação 3.1

A unidade de corrente elétrica no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o ampère (A), que equivale a passagem de 1 coulomb ($1 C$) de carga a cada segundo ($1 s$).

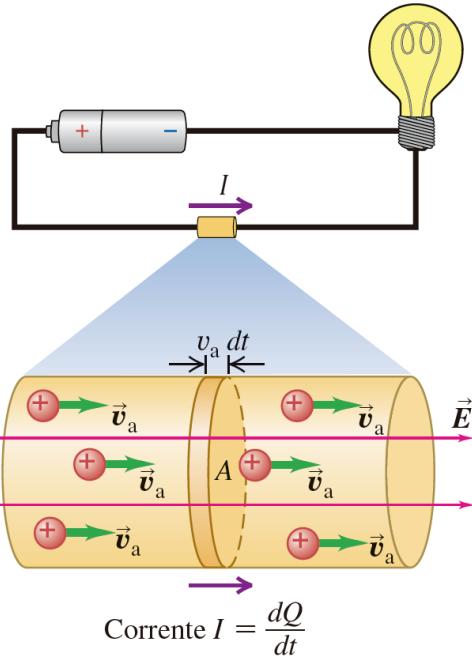
Podemos determinar por integração a carga que passa pelo plano no intervalo de tempo de 0 a t :

$$q = \int dq = \int_0^t idt$$

Equação 3.2

Quando aplicamos uma diferença de potencial nas extremidades de um material, criamos um campo elétrico que faz com que as partículas se movam, gerando uma corrente elétrica.

Figura 1 - Representação de um circuito simples fechado com o fluxo de elétrons livre com velocidade de arraste (\vec{v}_a). A corrente I através da área com seção reta A é a taxa de variação com o tempo da carga transferida através de A .



Fonte: Young e Freedman (2015)

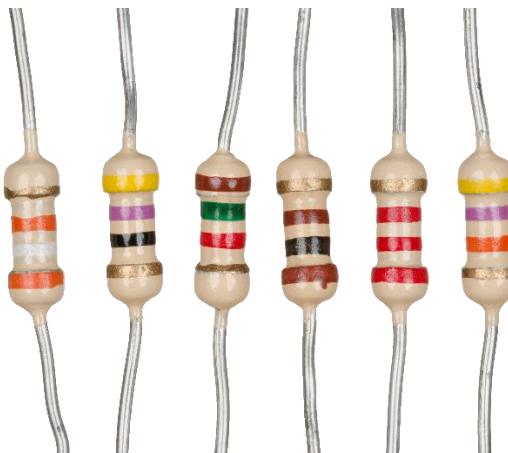
A ideia de Resistência vem a partir do momento em que percebemos que, quando usamos a mesma ddp em materiais diferentes a corrente resultante também muda. Logo, característica do material que determina a diferença é a Resistência Elétrica (R), que é dada por:

$$R = \frac{V}{i}$$

Equação 3.3

De acordo com a Equação 3.3, a unidade de resistência do SI é o volt por ampère (V/A). Essa combinação é tão frequente que uma unidade especial, o ohm (Ω), é usada para representá-la.

Figura 2 - Um conjunto de resistores de fio axial com resistências variadas.



Fonte: Wikipedia.com

Um condutor, cuja função em um circuito é introduzir uma resistência, é chamado de resistor (veja a Figura 2). Nos diagramas dos circuitos elétricos, um resistor é representado pelos símbolos ilustrados na Figura 3.

Figura 3 - Símbolos de resistores mais comuns em diagramas de circuitos elétricos

Símbolos de um resistor



IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers



IEC International Electrotechnical Commission

Fonte: mundodaeletrica.com.br

Quando reescrevemos a Equação 3.3 na forma de mensurar a corrente em função da tensão e da resistência, percebemos que para uma dada diferença de potencial, quanto maior a resistência (à passagem de corrente), menor a corrente, ou seja, essas duas grandezas são inversamente proporcionais.

$$i = \frac{V}{R}$$

Equação 3.4

Quando direcionamos nossa atenção não para a diferença de potencial V nas extremidades de um resistor, mas sim para o campo elétrico E presente em um determinado

ponto do material resistivo, e ao invés de considerarmos a corrente i no resistor, mas a densidade de corrente naquele local específico, trabalhamos com o conceito de resistividade (ρ) do material.

$$\rho = \frac{E}{J}$$

Equação 3.5

Combinando as unidades de E e J do SI de acordo com a EQ 5, obtemos, para a unidade de ρ , o ohm-metro ($\Omega \cdot m$):

$$[\rho] = \frac{[E]}{[J]} = \frac{\text{unidade de } E}{\text{unidade de } J} = \frac{V / m}{A / m^2} = \frac{V}{A} m = \Omega \cdot m$$

Equação 3.6

Resistividade elétrica (ρ) é uma propriedade intrínseca dos materiais que indica a resistência que eles oferecem à passagem da corrente elétrica. Em outras palavras, é a medida da oposição que um determinado material apresenta ao movimento dos elétrons, independentemente da forma ou tamanho do objeto.

Tabela 1 - Valores da resistividade em temperatura ambiente (20° C)

Substância		$\rho (\Omega \cdot m)$	Substância	$\rho (\Omega \cdot m)$
Condutores			Semicondutores	
Metais	Prata	$1,47 \times 10^{-8}$	Carbono puro (grafite)	$3,5 \times 10^{-5}$
	Cobre	$1,72 \times 10^{-8}$	Germânio puro	0,60
	Ouro	$2,44 \times 10^{-8}$	Silício puro	2.300
	Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$	Isolantes	
	Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$	Âmbar	5×10^{14}
	Aço	20×10^{-8}	Vidro	$10^{10} - 10^{14}$
	Chumbo	22×10^{-8}	Lucita	$> 10^{13}$
	Mercúrio	95×10^{-8}	Mica	$10^{11} - 10^{15}$
Ligas	Manganina (Cu 84%, Mn 12%, Ni 4%)	44×10^{-8}	Quartzo (fundido)	75×10^{16}
	Constantan (Cu 60%, Ni 40%)	49×10^{-8}	Enxofre	10^{15}
	Nicromo	100×10^{-8}	Teflon®	$> 10^{13}$
			Madeira	$10^8 - 10^{11}$

Fonte: Young e Freedman (2015)

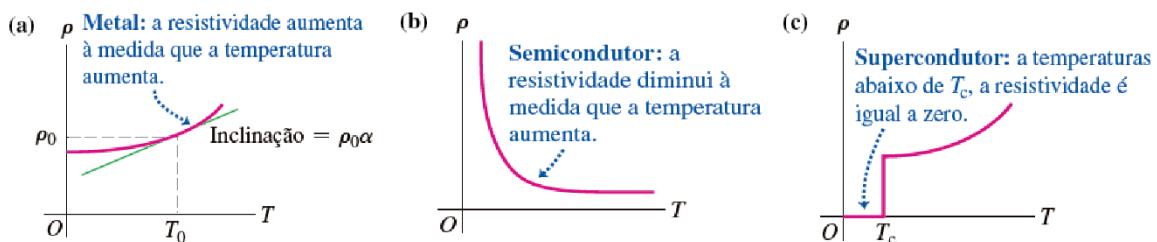
Também podemos falar da condutividade (σ) de um material, que é simplesmente o inverso da resistividade:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Equação 3.7

Sua unidade no SI também é inversa ao da resistividade, $(\Omega \cdot m)^{-1}$. Um bom condutor de eletricidade possui condutividade muito maior que um isolante. A condutividade elétrica é análoga à condutividade térmica e geralmente um bom condutor elétrico, como um metal, também é um bom condutor de calor.

Figura 4 - Variação da resistividade ρ em função da temperatura absoluta T para (a) um metal normal, (b) um semicondutor e (c) um supercondutor.



Fonte: Young e Freedman (2015)

Segundo Young e Freedman (2015), A resistividade de um condutor metálico quase sempre cresce com o aumento da temperatura. À medida que a temperatura aumenta, os íons do condutor vibram com uma amplitude mais elevada, aumentando a probabilidade de colisões dos elétrons com os íons. Isso dificulta o arraste dos elétrons através do condutor e, portanto, faz diminuir a corrente.

Em intervalos pequenos de temperatura (até cerca de 100 °C), a resistividade de um metal pode ser aproximadamente representada pela equação:

$$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

Equação 3.8

A temperatura de referência T_0 geralmente é considerada como igual a 0 °C ou 20 °C; a temperatura T pode ser maior ou menor que T_0 . O fator α denomina-se coeficiente de temperatura da resistividade.

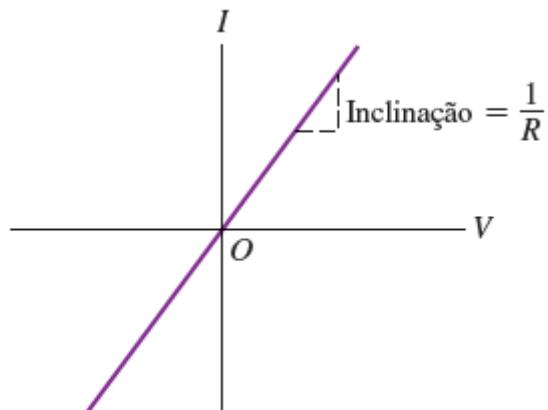
Tabela 2 - Coeficientes de temperatura da resistividade (valores aproximados em torno da temperatura ambiente).

Material	$\alpha [({}^{\circ}\text{C})^{-1}]$	Material	$\alpha[({}^{\circ}\text{C})^{-1}]$
Alumínio	0,0039	Chumbo	0,0043
Latão	0,0020	Manganina	0,00000
Carbono (grafite)	- 0,0005	Mercúrio	0,00088
Constantan	0,00001	Nicromo	0,0004
Cobre	0,00393	Prata	0,0038
Ferro	0,0050	Tungstênio	0,0045

Fonte: Young e Freedman (2015)

De acordo com a definição de Halliday, Resnick e Walker (2016), o resistor é um condutor com um valor específico de resistência. A resistência de um resistor não depende do valor absoluto e do sentido (polaridade) da diferença de potencial aplicada. Outros componentes, porém, podem ter uma resistência que varia de acordo com a diferença de potencial aplicada. Chamamos o resistor de ôhmico quando a resistência se mantém constante independentemente da tensão aplicada:

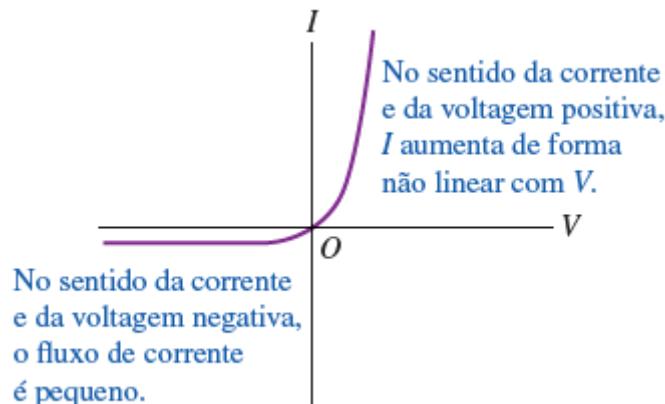
Figura 5 - Resistor ôhmico (p. ex., um fio metálico comum): a uma dada temperatura, a corrente é proporcional à tensão.



Fonte: Young e Freedman (2015)

Porém, quando são observadas mudanças o resistor é dito não ôhmico:

Figura 6 - Díodo semicondutor: um resistor não ôhmico



Fonte: Young e Freedman (2015)

Georg Simon Ohm, introduziu o conceito de resistência elétrica e divulgou suas descobertas em 1827, no estudo denominado O circuito galvânico matematicamente analisado. Nesse estudo, ele apresentou os princípios que serviriam de base para as futuras teorias sobre circuitos elétricos. Dentre eles, as chamadas Leis de Ohm.

Em um resistor ôhmico mantido a temperatura constante, a intensidade de corrente elétrica é proporcional à diferença de potencial aplicada entre seus terminais:

$$\frac{V}{i} = R \rightarrow V = R \cdot i$$

Equação 3.9

A resistência elétrica (R) de um condutor homogêneo de seção transversal uniforme é proporcional ao seu comprimento (l), inversamente proporcional à área (A) de sua seção transversal e depende do material e da temperatura:

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

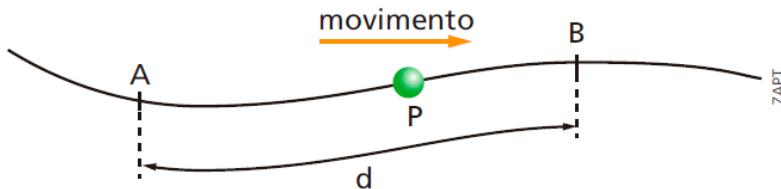
Equação 3.10

em que a grandeza (ρ) é característica do material e da temperatura, sendo denominada resistividade elétrica do material.

Para a maioria dos casos do cotidiano, e das análises feitas no Ensino Médio, os movimentos têm apenas um sentido. Assim conseguimos definir um conceito que atenda esses casos, o da Velocidade Escalar Média.

Consideremos uma partícula viajando ao longo de uma linha reta ou de uma trajetória cheia de curvas. Durante o seu movimento, uma partícula pode mover-se mais rapidamente em algumas partes e mais lentamente noutras (intuitivamente, diríamos: "a uma velocidade alta ou a uma velocidade baixa"). Você pode até fazer uma parada temporária em algum lugar ao longo do caminho.

Figura 7 - Partícula (P) se desloca do ponto A para o ponto B, percorrendo uma distância d.



Fonte: Calçada e Sampaio (2012)

Consideremos a seção entre A e B (Figura 7) e façamos as seguintes medições:

- Δt : O intervalo de tempo decorrido pela partícula (P) de A a B. O tempo é calculado a partir do momento que passa por A até o momento em que ela chega em B.
- d : A distância percorrida pela partícula de A a B. Deve ser considerado possíveis curvas na trajetória. Portanto, é uma medida válida da distância percorrida por uma partícula em movimento. Resumindo, é a medida do comprimento da curva AB.

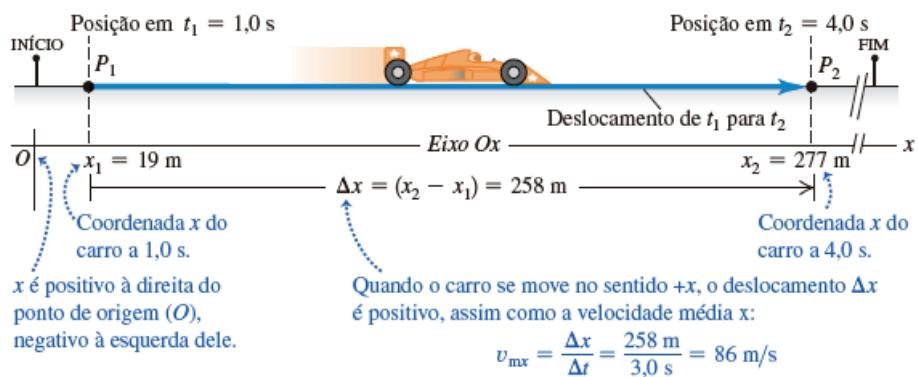
Definimos velocidade escalar média (v_m) como o quociente entre a distância percorrida (d) e o intervalo de tempo (Δt)

$$v_m = \frac{d}{\Delta t}$$

Equação 3.11

Em determinadas situações, a velocidade média é suficiente para descrever o movimento de uma partícula. A velocidade média de uma partícula ao longo de um intervalo de tempo não fornece informações detalhadas sobre o módulo e o sentido do movimento em cada instante dentro desse período. Para essa análise mais precisa, faz-se necessário o conceito de velocidade instantânea, definida como a velocidade de uma partícula em um instante específico ou em um determinado ponto ao longo da trajetória.

Figura 8 - Posição de um carro de corrida em dois instantes de sua trajetória.



Fonte: Young e Freedman (2016)

$$v_{mx} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Equação 3.12

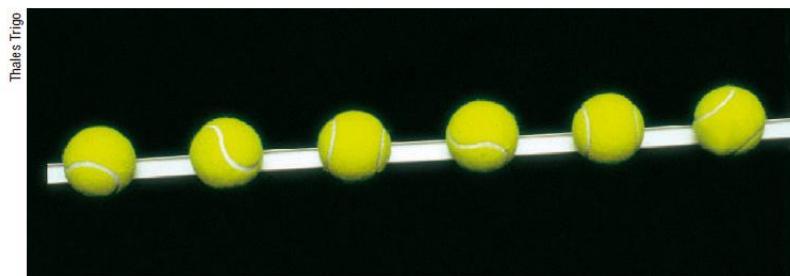
Para determinar a velocidade instantânea de um carro no ponto P_1 , conforme ilustrado na Figura 8, considera-se um segundo ponto P_2 se aproximando continuamente de P_1 . Nesse processo, calcula-se a velocidade média (Equação 3.12) em deslocamentos e intervalos de tempo cada vez menores. Apesar de Δx e Δt tenderem a valores ínfimos, a razão entre eles não necessariamente se anula. Em termos matemáticos, o limite da razão $\Delta x/\Delta t$ quando Δt tende a zero é denominado derivada de x em relação a t , representado por dx/dt . Para designar a velocidade instantânea ao longo do eixo Ox , emprega-se o símbolo v , sem o subscrito "m".

$$v_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

Equação 3.13

Existem dois modelos teóricos de movimento que dificilmente acontecem na prática, mas são fundamentais para o entendimento dos conceitos de movimento em si. O Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) caracteriza-se por uma trajetória retilínea na qual a velocidade da partícula permanece constante em módulo, direção e sentido. Ou seja, a aceleração do corpo é nula ao longo do tempo, implicando que não há variação na velocidade. Esse tipo de movimento ocorre, por exemplo, em veículos que trafegam em linha reta com velocidade constante, desconsiderando forças dissipativas como o atrito e a resistência do ar.

Figura 9 - Fotografia estroboscópica de uma bola de tênis em movimento uniforme ao lado de uma régua.



Fonte: Doca, Biscuola e Bôas (2012)

A equação fundamental do MRU é obtida a partir da definição da velocidade média:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

Equação 3.14

onde v é a velocidade constante do corpo, Δx representa o deslocamento, x e x_0 são as posições finais e iniciais do corpo, respectivamente, e Δt o intervalo de tempo correspondente, onde t e t_0 são as marcações do tempo quando o corpo passa por x e x_0 . Ao rearranjar essa expressão, considerando que o movimento foi iniciado no instante $t_0 = 0$, pode-se escrever a equação horária da posição:

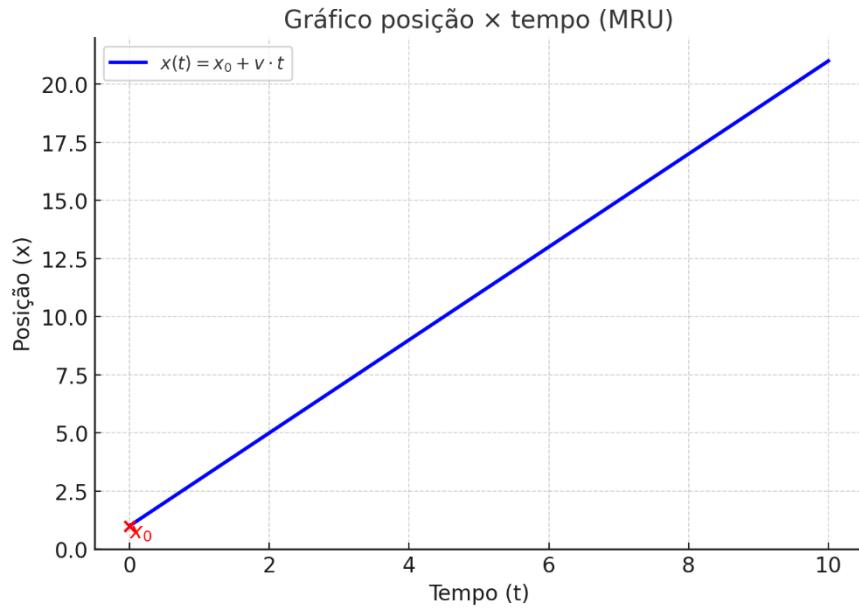
$$v = \frac{x - x_0}{t - t_0} \rightarrow v = \frac{x - x_0}{t - 0} \rightarrow v = \frac{x - x_0}{t} \rightarrow x - x_0 = vt \rightarrow$$

$$x = x_0 + vt$$

Equação 3.15

Essa equação descreve como a posição de um corpo varia linearmente com o tempo, sendo x a posição final no instante t , e x_0 a posição inicial no instante $t_0 = 0$. Como v é constante, a função $x(t)$ representa uma reta no gráfico posição × tempo, cujo coeficiente angular é a velocidade do movimento.

Gráfico 1 - Gráfico posição × tempo (MRU)



Fonte: Autor.

Do ponto de vista diferencial, essa equação pode ser obtida resolvendo a equação diferencial:

$$\frac{dx}{dt} = v$$

Equação 3.16

Para resolver essa equação, integramos ambos os lados em relação ao tempo t:

$$\int dx = \int v dt$$

Equação 3.17

Como v é constante, podemos simplesmente puxá-lo para fora da integral:

$$\int dx = v \int dt \rightarrow x = vt + C$$

Equação 3.18

onde C é uma constante de integração. Para determinar C , consideramos a condição inicial: no instante $t = 0$, a posição do corpo é x_0 . Substituindo esses valores na equação:

$$x_0 = v(0) + C$$

$$C = x_0$$

Equação 3.19

Portanto, a equação horária da posição para o MRU fica:

$$x(t) = x_0 + vt$$

Equação 3.20

Diferentemente do MRU, o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) ocorre quando a partícula se desloca ao longo de uma trajetória retilínea sob uma aceleração constante. Isso implica que a velocidade varia linearmente com o tempo, e a posição da partícula segue uma relação quadrática com o tempo.

A equação da velocidade em função do tempo no MRUV é deduzida a partir da definição de aceleração média:

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

Equação 3.21

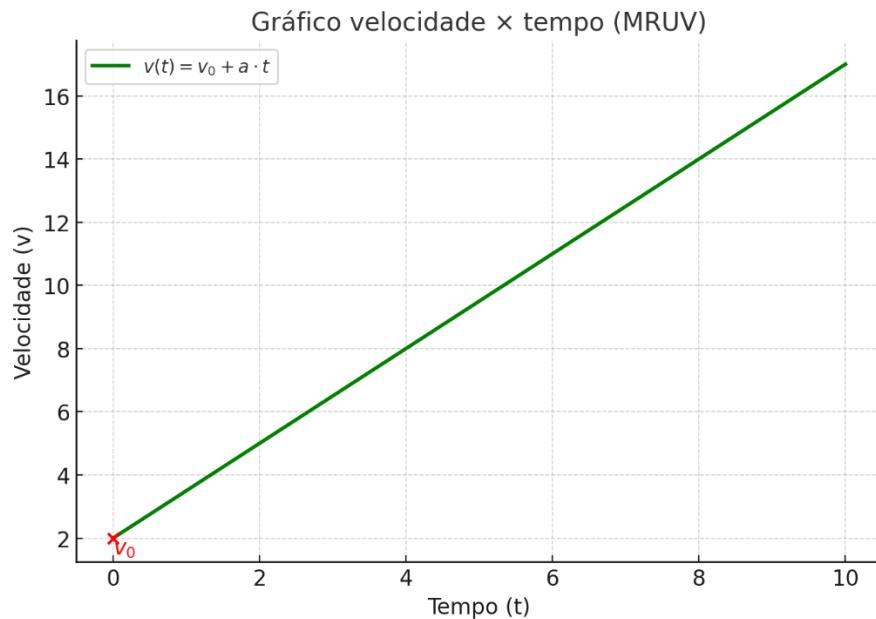
onde a é a aceleração constante do movimento, Δv é a variação da velocidade e Δt o intervalo de tempo correspondente. Ao resolver essa equação para um instante qualquer t , temos a equação horária da velocidade:

$$v = v_0 + at$$

Equação 3.22

onde v_0 é a velocidade inicial no instante $t = 0$, e v a velocidade em um instante t , como mostra o gráfico abaixo.

Gráfico 2 - Gráfico velocidade × tempo (MRUV)



Fonte: Autor.

Agora, para encontrar a equação da posição $x(t)$, substituímos essa equação na definição de velocidade:

$$\frac{dx}{dt} = v_0 + at$$

Equação 3.23

Para determinar $x(t)$, integramos ambos os lados em relação ao tempo t :

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

$$x = \int v_0 dt + \int at dt$$

$$x = v_0 \int dt + a \int t dt$$

$$x = v_0 \cdot (t) + a \cdot \left(\frac{1}{2} t^2 \right) + x_0$$

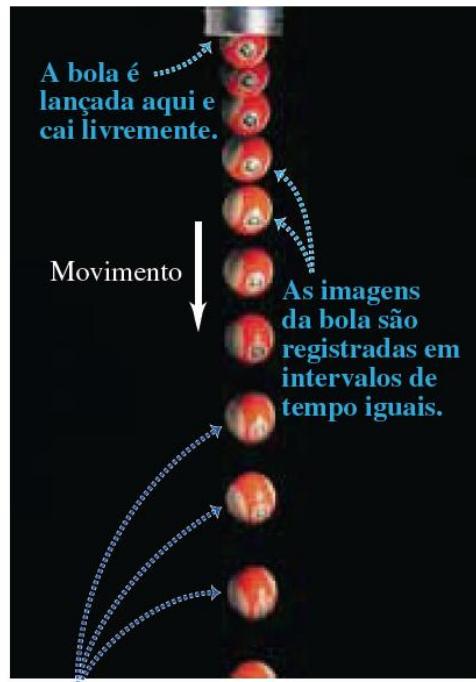
$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Equação 3.24

onde x_0 é a constante de integração, que representa a posição inicial da partícula no instante $t = 0$.

Um dos exemplos mais comuns de movimento sujeito a uma aceleração aproximadamente constante é a Queda Livre de um corpo sob a ação da força gravitacional da Terra. Esse fenômeno intrigou filósofos e cientistas ao longo da história. No século IV a.C., Aristóteles postulou, de maneira equivocada, que objetos mais pesados caíam mais rapidamente do que os mais leves, ou seja, que a velocidade de queda do corpo estava diretamente relacionada com sua massa. Somente dezenove séculos depois, Galileu desafiou essa concepção, argumentando que todos os corpos deveriam cair com a mesma aceleração constante, independentemente de suas massas, desde que a resistência do ar fosse desprezível.

Figura 10 - Fotografia de múltipla exposição de uma bola em queda livre.



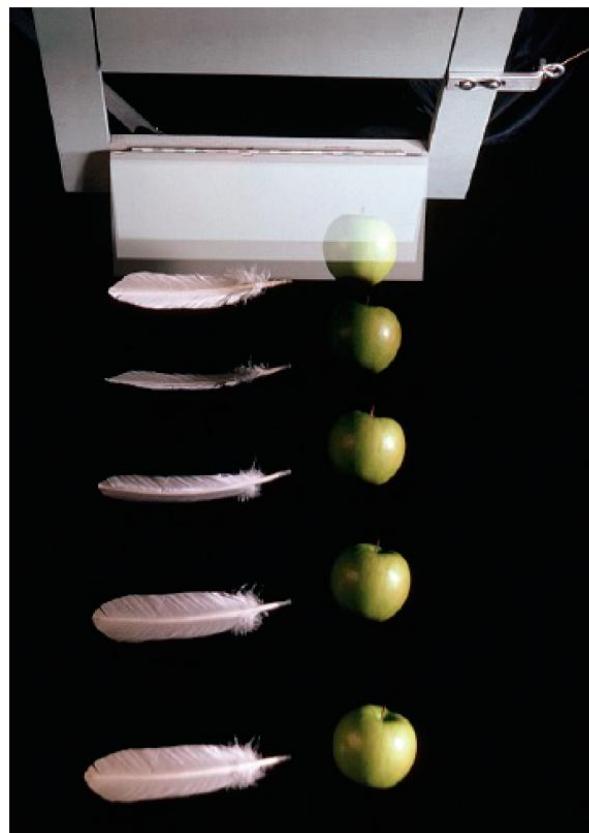
- A velocidade média em cada intervalo é proporcional à distância entre as imagens.
- Essa distância aumenta continuamente, de modo que a velocidade da bola está variando constantemente; a bola acelera para baixo.

Fonte: Young e Freedman (2016).

Galileu Galilei, com sua perspicácia, propôs que, na ausência de resistência do ar, corpos em queda livre experimentariam a mesma aceleração, independentemente de suas massas. Experimentos subsequentes, realizados em condições controladas, confirmaram essa hipótese.

Em um ambiente onde a resistência do ar é minimizada, como em um tubo de vácuo, observamos que objetos de diferentes massas, quando soltos simultaneamente, atingem o solo no mesmo instante. Essa constatação empírica corrobora a teoria de Galileu e demonstra que a aceleração da gravidade é uma constante universal, agindo igualmente sobre todos os corpos.

Figura 11 - Uma pena e uma maçã em queda livre no vácuo sofrem a mesma aceleração g . É por isso que a distância entre as imagens estroboscópicas aumenta durante a queda, e o aumento é o mesmo para os dois objetos.

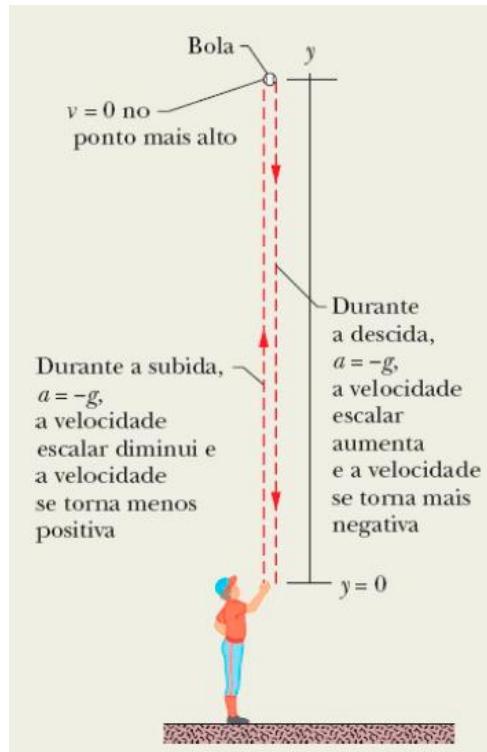


© Jim Sugar/CORBIS

Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2016)

Para simplificar a análise, podemos considerar algumas condições ideais. Quando a altura da queda é insignificante em relação ao raio da Terra e os efeitos da rotação terrestre são desprezíveis, a aceleração da gravidade pode ser considerada constante. Sob essas condições ideais, o movimento resultante é denominado queda livre, um conceito que abrange tanto a descida quanto a ascensão de um corpo lançado verticalmente.

Figura 12 - Um lançador arremessa uma bola de beisebol para cima. As equações de queda livre se aplicam tanto a objetos que estão subindo como a objetos que estão caindo, desde que a influência do ar possa ser desprezada.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2016)

A queda livre, portanto, representa um modelo simplificado, mas poderoso, para entender o movimento de corpos sob a influência da gravidade. Ao desprezar fatores como a resistência do ar e a rotação da Terra, podemos isolar o efeito fundamental da gravidade e analisar seu impacto sobre o movimento dos objetos, aproximando-o de um M.R.U.V.

A aceleração constante de um corpo em queda livre denomina-se aceleração da gravidade, e seu módulo é designado por g . Seu valor pode apresentar uma pequena variação dependendo da localização e altura em relação ao nível do mar. Porém, de forma convencional usamos o valor aproximado da gravidade (g) na superfície ou próximo a ela de $9,8 \text{ m/s}^2$.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Introdução às fundamentações conceituais do ensino de Física experimental

Segundo Higa e Oliveira (2012) Física Experimental é considerada um dos pilares fundamentais da Física, servindo como uma ferramenta essencial para o processo de ensino-aprendizagem. Ela permite que os estudantes desenvolvam uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos por meio da observação e manipulação direta de fenômenos, promovendo uma aprendizagem ativa e significativa. Além disso, diferentes concepções de atividades experimentais, como demonstrações, verificações e investigações, oferecem variadas formas de engajamento dos alunos, contribuindo para a construção do conhecimento científico de maneira contextualizada e reflexiva.

Como bem nos assegura Ferreira et al. (2023), a Física Experimental deve ser compreendida como um eixo metodológico que orienta e dá suporte à prática educativa nessa disciplina, articulando procedimentos experimentais, conceitos e linguagens de forma integrada. Segundo Gaspar (2014), em "Atividades Experimentais no Ensino de Física: Uma Nova Visão Baseada na Teoria de Vygotsky", essas fundamentações envolvem a compreensão dos processos de aprendizagem e das interações sociais que ocorrem durante as atividades experimentais, destacando a importância de contextos que promovam a mediação e a construção coletiva do conhecimento. Já Neto (2018), em "Ensino de Física Experimental com Uso da Modelagem Matemática", enfatiza que essas fundamentações incluem a aplicação de modelos matemáticos para representar fenômenos físicos, permitindo aos estudantes desenvolver habilidades de abstração e análise crítica, essenciais para a compreensão profunda dos conceitos científicos.

A Física Experimental facilita que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados, para que possam criar um entendimento de reflexão relativamente ao papel do trabalho experimental no processo de ensino/aprendizagem, em especial no ensino de Física:

Física Experimental permite contribuir de forma decisiva com a aprendizagem quando é desenvolvida sob diferentes enfoques, dependendo das necessidades do aluno perante o conteúdo e das condições das quais o professor dispõe. Cada enfoque possui peculiaridades que se precisa observar para que a experimentação resulte no objetivo esperado, que é o aprendizado do aluno. Em geral, a experimentação vem sendo utilizada como agente motivador, como forma de comprovação de teorias, como demonstração e no contexto de atividades investigativas, especialmente nos autores mais recentes (BICALHO, 2015, p. 22).

Como se observa na citação, a Física Experimental, entendida como prática pedagógica, integra-se diretamente ao campo da Educação e se aplica ao ensino de Ciências, em especial ao

de Física. Desenvolvida sob diferentes enfoques, seja motivador, comprovação de teorias, demonstração ou investigação, ela se ajusta às necessidades da turma e às condições de trabalho do professor, valorizando os conhecimentos prévios dos alunos e favorecendo aprendizagens significativas (Bicalho et al. (2015)). Elas são utilizadas no desenvolvimento de metodologias de ensino que integram experimentação e teoria, contribuindo para a aprendizagem significativa dos estudantes. Além disso, são amplamente aplicadas na formação de professores, na pesquisa em ensino de Física e no desenvolvimento de materiais e estratégias didáticas inovadoras para escolas e instituições de ensino superior. Evidentemente a aplicação pode ser utilizada para estruturar metodologias que promovam a aprendizagem ativa, permitindo que os alunos compreendam conceitos físicos por meio da experimentação. Além disso, são essenciais para o desenvolvimento de sequências didáticas que integrem teoria e prática, auxiliando professores na criação de atividades investigativas. Também são fundamentais para pesquisas em ensino de Física, garantindo abordagens mais eficazes e inovadoras no processo de ensino-aprendizagem.

As Física Experimental funcionam como a base teórica e metodológica para integrar a experimentação ao aprendizado da Física. Elas orientam professores no planejamento de atividades práticas, permitindo que os alunos explorem fenômenos físicos de forma investigativa. Seu uso envolve a criação de sequências didáticas, a aplicação de experimentos em sala de aula e a análise dos resultados obtidos pelos estudantes, promovendo uma aprendizagem mais interativa e significativa. Cita-se, como exemplo, A experimentação no ensino de Física é essencial para reduzir dificuldades de aprendizagem, pois favorece a exploração dos fenômenos naturais de maneira interativa e contextualizada. De acordo com o livro *A Física Através de Experimentos - Volume I: Mecânica*, "o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino tem sido apontado como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de aprender e de se ensinar física de modo significativo e consistente", Peruzzo (2012).

Ainda para Bicalho (2015, p. 21):

"A teoria da aprendizagem propõe que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados, para que possam criar um entendimento de reflexão relativamente ao papel do trabalho experimental no processo de ensino/aprendizagem, em especial no ensino de física. Demonstrar que as utilizações de experimentos em sala de aula tendem a melhorar o aprendizado de forma significativa no ensino de física, o mesmo tem por referencial o construtivismo e estrutura-o em três momentos denominados: 'Pré-experimental', 'Experimental' e 'Pós-experimental'. A pesquisa tem como base o método quantitativo, aplicado em turmas do ensino médio em momento pré e pós-experimentação.". Nesse sentido, Física Experimental permite que os alunos conectem seus conhecimentos prévios com novas aprendizagens, utilizando a experimentação como ferramenta para reforçar a compreensão dos conceitos físicos. Esse processo ocorre em etapas estruturadas, onde os estudantes exploram fenômenos,

analisam resultados e consolidam seu aprendizado por meio da reflexão e aplicação prática, tornando o ensino mais dinâmico e significativo.

A aprendizagem significativa exige que novas ideias se ancorem em conhecimentos prévios (Ausubel (2000); Moreira (2011)). Logo, é importante compreender que experimentos desempenham um papel essencial na formação científica dos alunos, pois permitem a conexão entre teoria e prática, promovendo uma aprendizagem mais significativa e aplicada. Além disso, elas possibilitam a construção do conhecimento por meio da experimentação, favorecendo a compreensão de fenômenos físicos de forma mais concreta e interativa. De acordo com a literatura, a experimentação deve ser conduzida com um enfoque metodológico adequado, levando em consideração o papel ativo do estudante e a relação entre teoria e prática. Nesse sentido, vamos exemplificar Física Experimental como a base que integra teoria e prática no ensino, promovendo a experimentação como ferramenta essencial para a compreensão dos fenômenos físicos de forma significativa e interativa.

4.2 O uso de tecnologias no ensino de Física experimental

Segundo Godinho (2021) Uso de Tecnologias no ensino de Física experimental é a integração de dispositivos e ferramentas digitais no processo educacional, visando enriquecer as práticas experimentais e promover uma aprendizagem mais significativa. Como argumentam Wieman e Perkins (2005), ferramentas e estratégias bem desenhadas deslocam o foco da memorização para a compreensão, alterando o tipo de raciocínio que os estudantes praticam em Física.

Na perspectiva construcionista de Papert (1980) e da cultura de projetos (Resnick (2017)), aprender criando artefatos em pares favorece autoria e integração conceitual. Essa abordagem permite que os estudantes interajam de forma mais direta e prática com os fenômenos físicos, facilitando a compreensão de conceitos abstratos e complexos.

Uso de Tecnologias no ensino de Física experimental facilita enriquecer as práticas pedagógicas, permitindo que os estudantes interajam diretamente com fenômenos físicos por meio de dispositivos digitais e ferramentas computacionais. Essa abordagem facilita a visualização de conceitos abstratos, promove a coleta e análise de dados em tempo real e torna o aprendizado mais dinâmico e alinhado às demandas contemporâneas:

Uso de Tecnologias no ensino de Física experimental permite transformar atividades complexas em algo simples, atraente e fácil de ser resolvido, também é uma forma dos alunos interagirem com os números e fórmulas de um jeito diferente e ao mesmo tempo divertido, assim ativando sua capacidade e interesse pela aprendizagem (GANZERT, 2022, p. 2).

Como se pode verificar nessa citação, Uso de Tecnologias no ensino de Física experimental é aplicado para transformar atividades complexas em tarefas mais simples e atraentes. Evidentemente a aplicação pode ser utilizada para aumentar o interesse dos alunos pela disciplina e promovendo interação e respeito mútuo. Mais do que adicionar equipamento, é crucial que a tecnologia mude o tipo de raciocínio praticado pelos estudantes, como diz, Wieman e Perkins (2005).

O uso de tecnologias no ensino de Física Experimental permite que os estudantes coletam e analisem dados em tempo real, visualizem fenômenos abstratos e realizem experimentos de forma interativa. Cita-se, como exemplo, a verificação das características do MRU na aplicação do PHYSICAR, em que os alunos conseguem verificar em tempo real que o carrinho percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais.

Ainda para Ganzert (2022, p. 1):

Os aparelhos tecnológicos se mostram como recursos pedagógicos, estruturando o pensamento e raciocínio lógico dos alunos, facilitando na resolução de cálculos e problemas. Nesse sentido, Uso de Tecnologias no ensino de Física experimental permite simplificar a compreensão de conceitos complexos, tornando o aprendizado mais atraente e acessível para os alunos.

Logo, é importante compreender que a experimentação enriquece as práticas pedagógicas, tornando-as mais dinâmicas e interativas. Essa integração facilita a visualização de conceitos abstratos, promove a coleta e análise de dados em tempo real e aumenta o interesse dos alunos pela disciplina. Além disso, contribui para o desenvolvimento do raciocínio lógico e crítico dos estudantes, preparando-os para os desafios tecnológicos contemporâneos. Nesse sentido, vamos exemplificar Uso de Tecnologias no ensino de Física experimental como a adoção de ferramentas digitais e dispositivos interativos que facilitam a compreensão de conceitos complexos, tornando o aprendizado mais dinâmico e envolvente.

4.3 Arduíno no ensino de Física: histórico e potencial educacional

A plataforma Arduino, desenvolvida em 2005 na Itália, emergiu como uma ferramenta inovadora no ensino de Física, especialmente no Brasil. Por volta de 2010, educadores brasileiros começaram a incorporar o Arduino em suas práticas pedagógicas, visando tornar o aprendizado de conceitos físicos mais prático e interativo. Essa plataforma de hardware livre permite o desenvolvimento de projetos que vão desde experimentos básicos até aplicações mais complexas, integrando diversas áreas do conhecimento.

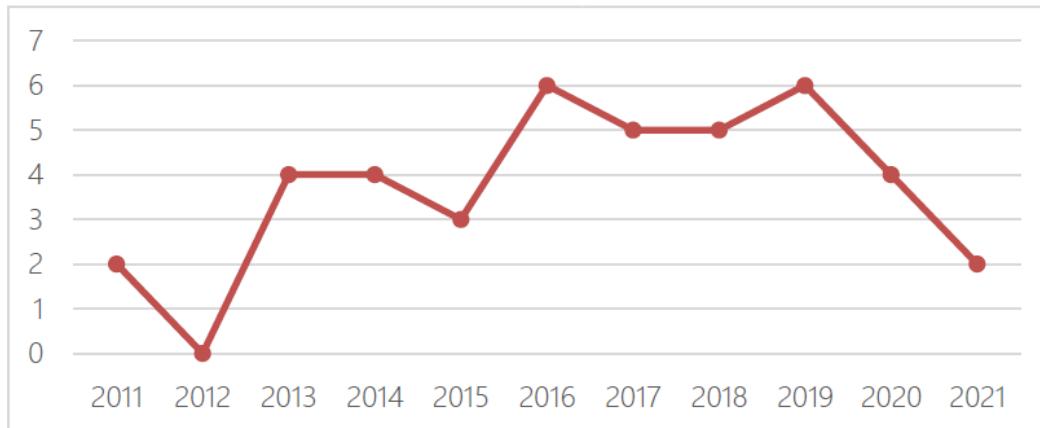
Assim, a principal justificativa para o uso do Arduino no ensino de Física reside em sua acessibilidade e versatilidade. Por ser uma ferramenta de baixo custo e de fácil programação, possibilita a criação de experimentos que abrangem desde os fundamentos de eletricidade e de cinemática até áreas mais avançadas, como robótica e processamento de sinais. Além disso, o Arduino pode ser combinado com sensores, motores e outros componentes eletrônicos, permitindo a construção de dispositivos interativos que simulam situações reais e ampliam a compreensão dos fenômenos físicos (Monteiro et al. (2022)).

A adoção do Arduino no ensino de Física no Brasil ganhou destaque a partir da década de 2010, especialmente entre 2013 e 2015, quando houve um aumento de publicações acadêmicas sobre o tema. Esse crescimento deve-se à necessidade de metodologias mais práticas e interativas no ensino de Ciências, alinhadas às diretrizes educacionais que incentivam a experimentação e o uso de tecnologias em sala de aula (Monteiro et al. (2022)). Como resultado desse movimento, surgiram iniciativas como a integração do Arduino em projetos de robótica educacional, promovendo o desenvolvimento de habilidades técnicas e cognitivas nos estudantes.

Souza et al. (2011) destacam que tem ocorrido um aumento significativo em projetos experimentais assistidos por microcomputadores, voltadas para a sala de aula. Esse crescimento reflete a busca dos professores por metodologias mais práticas e interativas, alinhadas às diretrizes educacionais que incentivam a experimentação e o uso de tecnologias em sala de aula.

A adoção do Arduino no ensino de Física no Brasil apresentou um crescimento significativo ao longo dos anos. De acordo com Monteiro et al. (2022), entre 2011 e 2021, foram identificados 41 trabalhos nacionais que utilizaram o Arduino como ferramenta educativa na área de Física. O Gráfico 3 elaborado durante o estudo mencionado e ilustra o número de publicações por ano nesse período, destacando um aumento notável a partir de 2013.

Gráfico 3 - Publicações anuais sobre o uso do Arduino no ensino de Física no Brasil (2011-2021)



Fonte: Monteiro et al. (2022)

Observa-se na ilustração acima que, após um período inicial com poucas publicações, houve um crescimento expressivo no uso do Arduino como recurso didático em Física a partir de 2013. Esse aumento reflete a crescente busca por metodologias inovadoras que integrem tecnologia e experimentação no processo de ensino-aprendizagem, visando tornar as aulas mais interativas e contextualizadas.

De acordo com Monteiro et al. (2022), a integração do Arduino no ensino de Física no Brasil evoluiu significativamente ao longo dos anos, refletindo a busca por metodologias mais práticas e interativas.

Linha do Tempo dos Principais Marcos:

- 2011: Início das publicações nacionais sobre o uso do Arduino no ensino de Física, com ênfase em propostas teóricas e desenvolvimento de experimentos didáticos.
- 2013: Aumento expressivo no número de trabalhos publicados, indicando uma crescente adoção do Arduino como ferramenta educativa.
- 2015: Diversificação das áreas de aplicação, abrangendo desde conceitos básicos de eletricidade até projetos mais complexos envolvendo robótica e automação.
- 2017: Consolidação do Arduino como recurso pedagógico, com estudos demonstrando melhorias na aprendizagem e maior engajamento dos estudantes.
- 2020: Ampliação das iniciativas de formação de professores para o uso do Arduino, visando à disseminação de práticas inovadoras no ensino de Ciências.

Esses marcos históricos evidenciam a trajetória de crescimento e consolidação do Arduino como uma ferramenta eficaz no ensino de Física no Brasil, contribuindo para a modernização das práticas pedagógicas e o enriquecimento do processo de aprendizagem.

Pode-se dizer que a introdução do Arduino no ensino de Física transformou a forma como os alunos interagem com a ciência, tornando o aprendizado mais prático e envolvente. Apesar dos desafios iniciais, seu uso cresceu e se consolidou, influenciando metodologias pedagógicas até hoje. Mesmo com novas tecnologias surgindo, o Arduino continua sendo uma ferramenta essencial na educação científica.

5 JUSTIFICATIVA

A incorporação de tecnologias no ensino de Física tem o potencial de transformar a forma como os alunos assimilam conceitos abstratos, tornando o aprendizado mais interativo e significativo. O uso de ferramentas como o Arduino e o Raspberry Pi possibilita a experimentação prática, permitindo que os estudantes visualizem e apliquem os princípios físicos de maneira concreta. Essa abordagem é especialmente relevante diante das dificuldades enfrentadas no ensino tradicional, onde a falta de recursos práticos pode gerar desinteresse e dificuldades na aprendizagem. Além disso, a implementação dessas tecnologias incentiva o desenvolvimento de habilidades essenciais, como pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe, preparando os alunos para os desafios acadêmicos e profissionais.

O ensino de Física é frequentemente visto como desafiador e distante da realidade dos alunos, o que resulta em desinteresse e dificuldades na assimilação dos conceitos. Muitos estudantes enfrentam barreiras na compreensão de fenômenos físicos, especialmente quando a aprendizagem ocorre apenas por meio de teoria e fórmulas. Esse cenário motiva este estudo a explorar novas abordagens para o ensino de Física Experimental, investigando como a introdução de ferramentas tecnológicas pode tornar as aulas mais dinâmicas e acessíveis.

Atualmente, o uso de dispositivos como o Arduino e o Raspberry Pi no ensino de Física ainda não é amplamente adotado, e seu impacto na aprendizagem carece de uma análise mais aprofundada. A experimentação prática é fundamental para que os alunos visualizem e compreendam melhor os conceitos, mas a falta de infraestrutura e metodologias bem estruturadas dificulta essa aplicação. Dessa forma, é essencial entender como essas tecnologias podem contribuir para a construção do conhecimento, além de identificar desafios e estratégias para sua implementação eficaz.

A pesquisa pode trazer contribuições significativas para a educação ao oferecer sequências didáticas estruturadas e acessíveis, permitindo que professores de diferentes contextos implementem metodologias inovadoras em suas aulas. Além disso, os resultados obtidos poderão orientar novas práticas pedagógicas, favorecendo um ensino mais interativo e estimulante. Com isso, espera-se que os estudantes desenvolvam não apenas uma melhor compreensão dos conceitos físicos, mas também habilidades como raciocínio crítico, resolução de problemas e autonomia científica, essenciais para sua formação acadêmica e profissional.

Compreender as dificuldades do ensino de Física e a resistência dos alunos a essa disciplina é essencial para aprimorar o aprendizado. Este estudo apresenta conceitos,

metodologias e ferramentas tecnológicas que podem tornar as aulas mais interativas e acessíveis. Destina-se a professores e pesquisadores interessados em inovar no ensino de Ciências. Fundamentado em abordagens educacionais modernas, com ênfase na experimentação prática e no uso de tecnologias como o Arduino e o Raspberry Pi para potencializar a aprendizagem.

6 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

6.1 Metodologia

Este estudo foi conduzido a partir de uma sequência didática estruturada para integrar conceitos teóricos e experimentais, proporcionando uma abordagem dinâmica ao ensino de Física. A metodologia adotada combinou aulas expositivas, atividades experimentais e instrumentos avaliativos, como questionários pré e pós-experimentação, permitindo analisar o impacto da utilização do PHYSICAR na assimilação dos conteúdos.

As aulas teóricas seguiram a organização curricular da disciplina, abordando os temas conforme a grade curricular dos alunos. Para a terceira série, os conteúdos de corrente elétrica, potência elétrica e resistores foram desenvolvidos com base no livro didático, acompanhados de resoluções de exercícios e discussões conceituais. Já para a primeira série, a abordagem foi voltada para os conceitos de velocidade média, movimento retilíneo uniforme (MRU) e queda livre, preparando os alunos para a experimentação prática.

As atividades experimentais ocorreram paralelamente às aulas teóricas, proporcionando aos estudantes a oportunidade de testar e validar os conceitos estudados. O planejamento dessas práticas priorizou a acessibilidade dos recursos disponíveis e a adaptação ao ambiente escolar, garantindo que pudesse ser realizada de maneira viável e eficiente.

Para potencializar a aprendizagem, foi elaborado o produto educacional, que auxiliou nas práticas experimentais com a montagem do PHYSICAR e as sequências didáticas dos experimentos, além de materiais, complementarem para a análise da resistência elétrica, construção de circuitos simples, estudo de associações de resistores e aplicação da metodologia experimental para análise de movimento. As atividades foram organizadas para estimular a autonomia dos alunos, incentivando a construção ativa do conhecimento por meio da experimentação.

A estrutura metodológica adotada não apenas facilitou a compreensão dos conceitos abordados, mas também promoveu o desenvolvimento de habilidades investigativas, analíticas e colaborativas. Dessa forma, o estudo buscou avaliar o impacto da experimentação e do uso de tecnologias educacionais na percepção dos alunos sobre a Física, tornando o aprendizado mais significativo e aplicável ao seu cotidiano.

6.2 Local de aplicação e público-alvo

Este produto educacional foi aplicado na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Ronaldo Caminha Barbosa, uma instituição pública da Rede Estadual de Ensino do Ceará, situada no município de Cascavel. A escola atende alunos do Ensino Médio e dispõe de um Laboratório Educacional de Ciências (LEC), que passou recentemente por reformas e está em processo de recebimento de novos equipamentos fornecidos pela Secretaria de Educação do Estado do Ceará. No entanto, a falta de equipamentos específicos e a limitação do espaço adequado para experimentação representam desafios para a realização de aulas práticas. Com isso, o produto foi concebido de maneira flexível e adaptável, permitindo sua aplicação em diferentes ambientes escolares, como salas de aula, o ginásio e o Laboratório Educacional de Informática (LEI), utilizando materiais acessíveis e de custo reduzido, garantindo a viabilidade da proposta.

Figura 13 - Entrada da EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA



Fonte: Autor.

Figura 14 - Laboratório de Ciências da EEMTI Ronaldo Caminha



Fonte: Autor.

As turmas escolhidas para a aplicação do PHYSICAR foram alunos da primeira e da terceira série do Ensino Médio, considerando a adequação dos conteúdos programáticos de cada série ao escopo do projeto. Para os estudantes da terceira série, a participação no projeto envolveu a construção do PHYSICAR, após a abordagem teórica sobre os principais fundamentos da Eletrodinâmica, incluindo tensão, corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica. A proposta foi desenvolvida ao longo de oito aulas de cinquenta minutos, sendo quatro aulas teóricas, nas quais os conceitos foram introduzidos e explorados com exemplos e resolução de exercícios, seguidas por quatro aulas práticas, onde os estudantes revisitaram os conceitos teóricos, realizaram experimentações e aplicaram os conhecimentos adquiridos na montagem do PHYSICAR. Essa estratégia permitiu que os alunos interagissem diretamente com circuitos elétricos, utilizando Arduino como ferramenta de aquisição de dados, promovendo maior engajamento e compreensão dos fenômenos elétricos.

Figura 15 - Alunos montando o PHYSICAR



Fonte: Autor.

Para os alunos da primeira série, o enfoque metodológico centrou-se diretamente na aplicação do PHYSICAR, explorando conceitos fundamentais da Cinemática, como velocidade média, movimento retilíneo uniforme (MRU) e queda livre. Cada um desses conceitos foi abordado em quatro aulas, divididas entre duas aulas teóricas, em que os conteúdos foram apresentados e discutidos, e duas aulas práticas, nas quais os alunos aplicaram o PHYSICAR para testar e validar os conceitos estudados. A realização das atividades práticas foi planejada para ocorrer de forma integrada às aulas teóricas ou imediatamente após a explanação do conteúdo, reforçando a necessidade de correlação entre teoria e experimentação no ensino da Física.

Figura 16 - Preparação do percurso para a prática com o PhysiCAR



Fonte: Autor

A escolha dessa abordagem metodológica foi motivada pela necessidade de tornar o ensino da Física mais dinâmico, interativo e conectado com a realidade dos alunos, contribuindo para a superação de dificuldades comuns no aprendizado da disciplina. Estudos apontam que a experimentação associada ao uso de tecnologias melhora significativamente a compreensão conceitual e o interesse dos estudantes pela Física. Além disso, essa estratégia pedagógica está alinhada com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, garantindo que os novos conhecimentos se relacionem com conceitos já adquiridos, bem como com a abordagem sociointeracionista de Lev Vygotsky, que enfatiza a importância da interação social no processo de aprendizagem. O uso de metodologias ativas, como a aprendizagem baseada na experimentação, estimula a participação ativa dos alunos e favorece a construção do conhecimento de forma colaborativa.

Com essa metodologia, espera-se que os alunos desenvolvam maior interesse pela disciplina, compreendendo a Física como uma ciência aplicada ao seu cotidiano. Além disso, a abordagem experimental favorece o desenvolvimento de habilidades analíticas e investigativas,

incentivando a autonomia no aprendizado e promovendo um ambiente propício ao trabalho em equipe e à resolução de problemas. A avaliação do impacto da proposta será realizada a partir das percepções dos estudantes e docentes, contribuindo para validar a eficácia do PHYSICAR e aprimorar futuras aplicações no ensino de Física Experimental.

6.3 Montagem do Raspberry Pi

A montagem do Raspberry Pi foi uma etapa essencial do projeto, embora não estivesse diretamente vinculada aos conceitos físicos abordados nas aulas teóricas e experimentais. Por se tratar de um microcomputador de placa única, sua configuração exigiu das alunos habilidades relacionadas à informática e à eletrônica básica, tornando-se uma atividade complementar dentro da sequência didática. Para não comprometer a carga horária das aulas regulares, essa montagem foi realizada em contraturno, com a participação voluntária dos estudantes interessados. Esse formato permitiu que os alunos tivessem um primeiro contato com o hardware e o sistema operacional do aparelho, aprendendo sobre configuração inicial, conexão de periféricos e instalação de softwares que seriam utilizados posteriormente na coleta e análise de dados experimentais.

Figura 17 - Detalhe do Raspberry Pi 4B em bancada

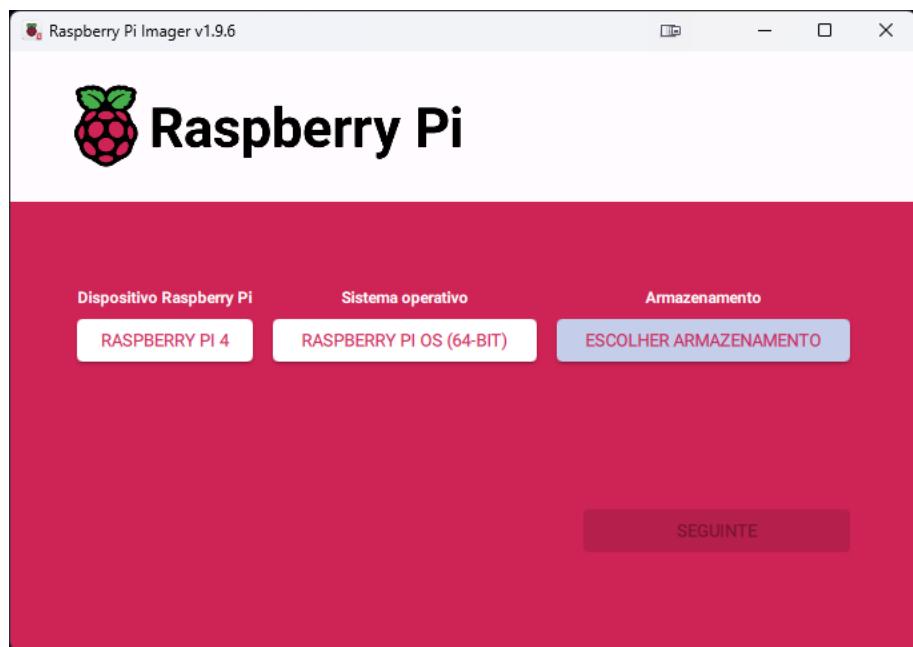


Fonte: Autor

Durante essa etapa, os estudantes foram orientados a realizar a montagem de forma colaborativa, seguindo um passo a passo estruturado, que incluía a fixação da placa, conexão da fonte de alimentação, inserção do cartão de memória com o sistema operacional pré-configurado e a conexão de dispositivos como teclado, mouse e monitor. Esse processo

proporcionou uma experiência prática de manipulação de componentes eletrônicos e entendimento básico sobre o funcionamento do microcomputador. Embora a atividade não estivesse diretamente relacionada aos experimentos de Física, ela se revelou fundamental para o desenvolvimento das aulas, uma vez que a plataforma serviria como ferramenta para o registro, análise e interpretação de dados coletados nos experimentos subsequentes. Nessa perspectiva histórico-cultural, os instrumentos (sensores, microcontroladores) e a linguagem funcionam como mediadores que reorganizam as funções psicológicas envolvidas na tarefa, criando Zonas de Desenvolvimento Proximal (ZDP) para a aprendizagem (Vygotsky (1978)).

Figura 18 - Etapa de instalação do Raspberry Pi OS



Fonte: Autor

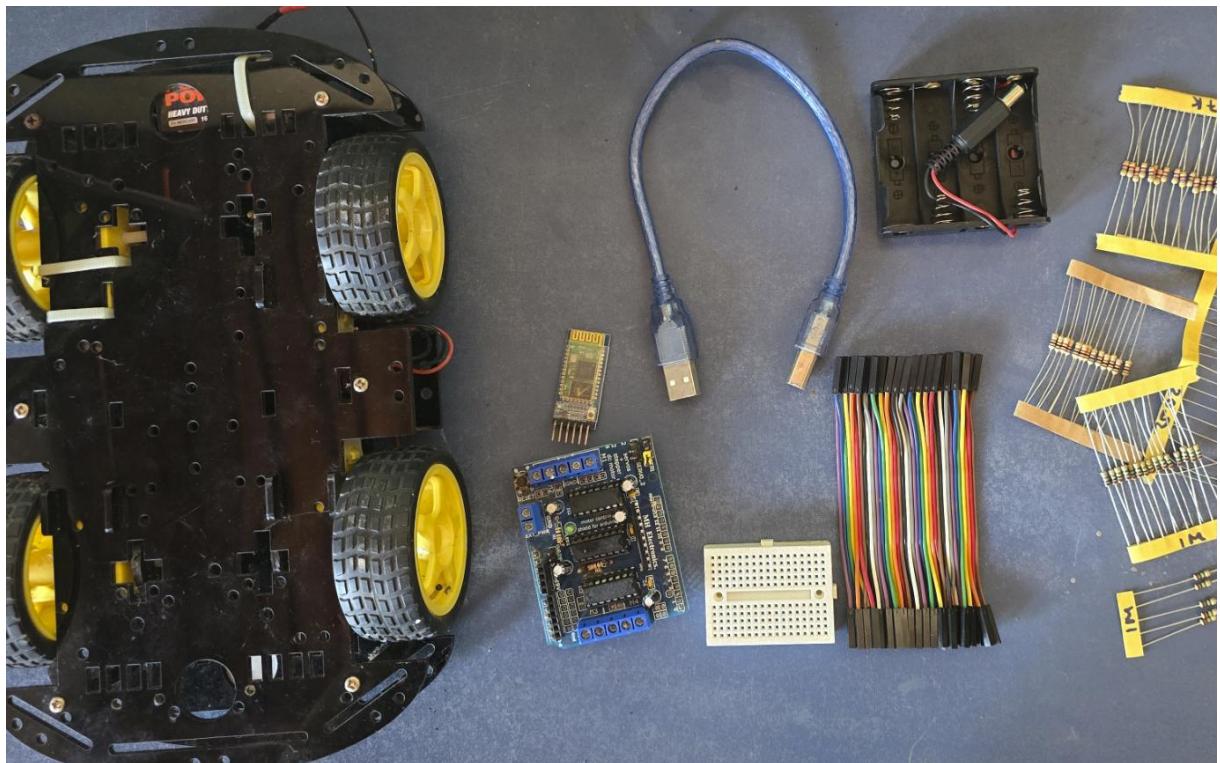
Além da montagem física do equipamento, os alunos também exploraram os primeiros passos na interface do sistema operacional Raspberry Pi OS e do Ubuntu for Raspberry Pi, compreendendo sua estrutura e possibilidades de aplicação. Foram introduzidos a comandos básicos do terminal, instalação de bibliotecas necessárias para os experimentos e configuração do ambiente para integração com sensores e o Arduino. Mesmo sem um vínculo direto com os conceitos físicos trabalhados no projeto, essa experiência permitiu que os estudantes se familiarizassem com ferramentas computacionais amplamente utilizadas na pesquisa científica e na engenharia, despertando o interesse por novas aplicações e ampliando seu repertório tecnológico. Dessa forma, a montagem do Raspberry não apenas forneceu suporte técnico às atividades experimentais, mas também incentivou o desenvolvimento de competências interdisciplinares, enriquecendo o aprendizado de maneira prática e inovadora.

6.4 Montagem do PhysiCAR

A montagem do PHYSICAR representou a etapa mais prática e interativa do projeto, permitindo que os alunos aplicassem diretamente os conceitos estudados ao longo das aulas teóricas e experimentais. Diferente da montagem do Raspberry Pi, que tinha um caráter mais técnico e voltado para a infraestrutura computacional, a construção do PHYSICAR exigiu a aplicação de conhecimentos específicos da Eletrodinâmica e da Cinemática, proporcionando uma experiência mais aprofundada de aprendizagem por experimentação. O processo de montagem foi realizado de forma orientada, em grupos, garantindo que todos os alunos tivessem contato com os componentes, compreendessem suas funções e participassem ativamente da construção do dispositivo.

O primeiro passo na montagem foi a organização dos materiais e componentes eletrônicos, incluindo Arduino, motores, sensores, resistores, fios, protoboards e baterias. Os alunos foram instruídos a identificar cada peça e entender sua função dentro do circuito, o que possibilitou uma melhor assimilação dos conceitos elétricos envolvidos. Segundo Mourão (2018), a experimentação baseada em dispositivos tecnológicos como o Arduino promove maior engajamento e favorece a aprendizagem ativa dos estudantes. Essa abordagem prática também permitiu que os alunos desenvolvessem habilidades técnicas, como a conexão e soldagem de componentes, o que enriqueceu ainda mais a experiência educacional.

Figura 19 - Conjunto de componentes do PhysiCAR



Fonte: Autor

Com os componentes organizados, a próxima etapa consistiu na montagem do circuito elétrico e na integração dos sensores responsáveis pela coleta de dados sobre velocidade, aceleração e resistência elétrica. Durante essa fase, os alunos puderam aplicar na prática os conceitos de corrente elétrica, tensão e potência, reforçando a relação entre teoria e prática. Para garantir a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos, foram realizadas medições intermediárias ao longo da montagem, permitindo que os estudantes observassem diretamente o funcionamento dos circuitos e identificassem possíveis ajustes. Segundo Brito (2017), a inserção de tecnologias no ensino de Física favorece a visualização dos conceitos e aproxima a disciplina do cotidiano dos alunos.

Figura 20 - Etapa de codificação e depuração



Fonte: Autor

Após a conclusão da parte eletrônica, os alunos partiram para a montagem estrutural do PHYSICAR, fixando os motores, rodas e suporte para os sensores. Essa etapa exigiu planejamento e trabalho colaborativo, pois qualquer desalinhamento ou montagem incorreta poderia comprometer a precisão dos experimentos. A montagem mecânica foi ajustada para garantir que os testes práticos ocorressem de forma eficiente, minimizando interferências externas e proporcionando resultados confiáveis para análise posterior. O manuseio do equipamento permitiu que os estudantes compreendessem como pequenas variações nos parâmetros do sistema impactavam diretamente no desempenho do experimento, reforçando a importância de medições precisas e cálculos bem fundamentados.

Por fim, a última etapa consistiu na testagem e calibração do PHYSICAR, garantindo que todos os sistemas estivessem operando corretamente antes da realização dos experimentos. Durante essa fase, os alunos configuraram o código do Arduino, testaram a comunicação entre sensores e microcontroladores e realizaram ajustes nos parâmetros do programa. Esse momento foi essencial para consolidar os aprendizados adquiridos, pois exigiu que os estudantes

interpretassem os dados obtidos e correlacionassem com os conceitos físicos estudados. Além disso, ao lidar com desafios técnicos e solucionar problemas práticos, os alunos desenvolveram habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas, características fundamentais para o aprendizado significativo na área de Ciências Exatas.

Figura 21 - Teste de atuação dos motores do PhysiCAR



Fonte: Autor

Dessa forma, a montagem do PHYSICAR foi muito mais do que um simples processo técnico; ela se tornou um instrumento pedagógico poderoso, integrando teoria e prática de maneira natural e instigante. O envolvimento ativo dos alunos, aliado ao uso de tecnologias acessíveis, não apenas facilitou a compreensão dos fenômenos físicos, mas também despertou maior interesse pela disciplina. Esse tipo de abordagem reforça a importância de metodologias ativas no ensino da Física, tornando o aprendizado mais interativo, dinâmico e aplicável à realidade dos estudantes.

6.5 Aplicação das sequencias didáticas

A aplicação das sequências didáticas foi planejada para garantir a assimilação gradual e estruturada dos conceitos físicos abordados no projeto. A organização das atividades seguiu uma progressão pedagógica que combinou momentos teóricos e experimentais, permitindo que os alunos construíssem conhecimento de forma ativa e participativa. De acordo com Moreira (2011), a aprendizagem significativa ocorre quando “novas informações são ancoradas em conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno”. Assim, cada etapa da sequência didática foi planejada para estabelecer conexões entre os conteúdos previamente estudados e os experimentos realizados, promovendo uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos.

Figura 22 - Folha de pré-teste aplicada à turma

 EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA Estrada do Pratiú S/N – Caponga – Cascavel – Ceará				NOTA
Aluno:		Data:		
Série: I ^º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física	Professor: Ronalt Gomes
PRÉ-TESTE				
EQUAÇÃO DO MOVIMENTO UNIFORME				
1. A equação do espaço do MU é melhor representada por:	4. Um gráfico $s \times t$ é uma reta que corta o eixo s em $s=0,10$ m, isso sugere:			
A) $s = s_0 + v t$ B) $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ C) $v = a t$ D) $s = g t^2$ E) $s = s_0 + a t^2$	A) erro na unidade B) $s_0 \approx 0,10$ m C) $v \approx 0,10$ m/s D) aceleração constante E) atrito zero			
2. Em $s(t) = s_0 + v t$, o termo s_0 significa:	5. A unidade de v no SI é:			
A) velocidade B) posição inicial C) aceleração D) tempo de reação E) massa	A) s B) m C) m/s D) m/s ² E) N			
3. Se dois pontos do gráfico são ($t=2$ s, $s=0,80$ m) e ($t=4$ s, $s=1,48$ m), a velocidade estimada por dois pontos é:				
A) 0,17 m/s B) 0,24 m/s C) 0,34 m/s D) 0,40 m/s E) 0,68 m/s				

Fonte: Autor

A implementação das sequências foi realizada por meio de aulas expositivas, atividades práticas e momentos de discussão e análise de resultados, garantindo que os alunos pudessem

experimentar, refletir e consolidar seus aprendizados. Para isso, foram utilizados diferentes espaços da escola, adaptando-se às necessidades de cada experimento e à disponibilidade de recursos. Durante as atividades, os estudantes foram incentivados a formular hipóteses, testar diferentes abordagens e interpretar os dados coletados, estimulando o desenvolvimento do raciocínio crítico e da autonomia no aprendizado.

Figura 23 - Condução do experimento com o PhysiCAR



Fonte: Autor

Além da abordagem prática, a avaliação contínua do processo foi um elemento essencial na aplicação das sequências didáticas. A coleta de percepções dos alunos e o acompanhamento das dificuldades enfrentadas durante os experimentos permitiram ajustes metodológicos para otimizar a experiência de aprendizagem. A experimentação, aliada ao uso de tecnologias educacionais, proporcionou um ambiente mais dinâmico e envolvente, contribuindo para a quebra da tradicional barreira de desinteresse e dificuldade frequentemente associada ao ensino de Física. Dessa forma, as sequências didáticas não apenas consolidaram os conteúdos teóricos, mas também fortaleceram o envolvimento dos estudantes no processo educativo, tornando o aprendizado mais interativo, contextualizado e significativo.

Figura 24 - Roda de conversa pós-experimento



Fonte: Auto

6.5.1 Experimento Velocidade Média

A atividade foi conduzida em superfície plana com o PhysiCAR percorrendo um trecho curto, marcado a cada 30 cm. O procedimento é simples e rápido: o carrinho cruza as marcas em sequência e os tempos de passagem são anotados no próprio local, com duas ou três repetições por ponto para estabilizar a medida. A ideia é que o gráfico $s \times t$ apareça diante dos alunos sem mistério, deixando visível o crescimento praticamente uniforme do espaço ao longo do tempo.

Figura 25 - Preparação das referências de medida



Fonte: Autor

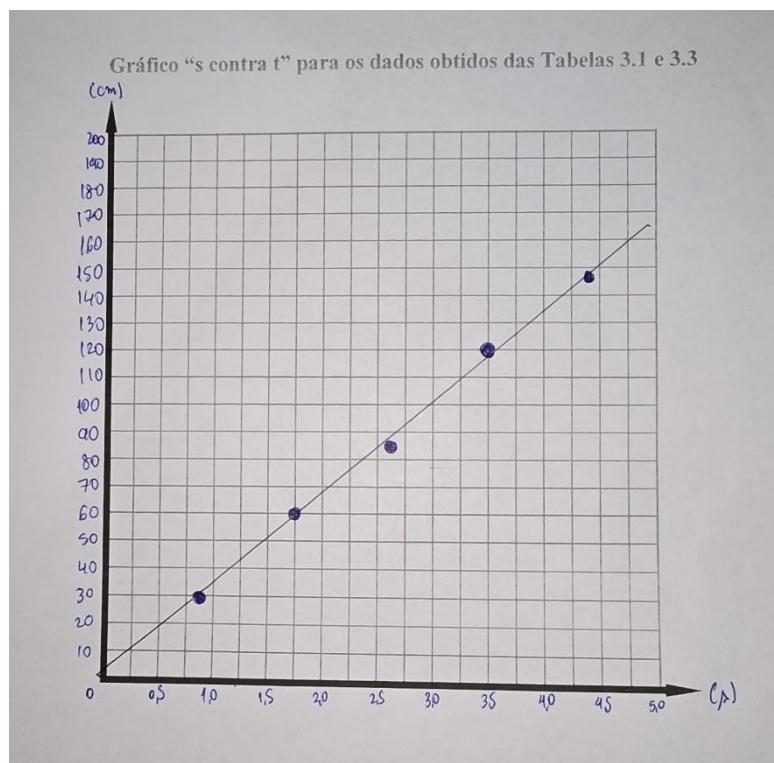
Os registros convergiram para um padrão linear nítido. O ajuste de $s(t)$ resultou em velocidade na ordem de 0,34 m/s, com intercepto muito próximo de zero quando a contagem se inicia no cruzamento de s_0 . A dispersão entre pontos permaneceu baixa (cerca de 1–3%), o suficiente para discutir erro de reação no cronômetro sem descaracterizar a regularidade do movimento. Na leitura em sala, chamou a atenção como a noção de “velocidade média” deixou de ser apenas um número calculado por $\Delta s / \Delta t$ e passou a ser reconhecida pelos próprios estudantes como inclinação da reta, o que simplifica a conversa sobre previsão: “a cada segundo, o carrinho avança aproximadamente 34 cm”.

Alguns cuidados operacionais ajudam e cabem na dinâmica da aula: iniciar a marcação no cruzamento de s_0 , distribuir os alunos ao longo das marcas para reduzir atrasos acumulados e manter o percurso alinhado, evitando trepidações desnecessárias. Com esse arranjo, os dados ficam suficientemente limpos para que o gráfico, por si, conte a história. A transição para a próxima etapa ocorre de modo natural, se a reta resume o experimento, então a função horária do movimento uniforme, $s(t) = s_0 + vt$, nada mais é do que colocar nomes aos dois elementos que já apareceram no papel, o intercepto (posição inicial) e a inclinação (velocidade).

6.5.2 Experimento Entendendo a Equação de Movimento Uniforme

Em encontro posterior, com a turma já familiarizada com o registro de posição e tempo, o foco passou a ser a escrita funcional do movimento retilíneo uniforme. Mantiveram-se as marcações no piso (a cada 30 cm) e o procedimento de cronometrar a passagem do PhysiCAR por cada ponto, agora com a intenção explícita de representar os dados por uma função horária $s(t) = s_0 + vt$. Na prática, repetiram-se duas a três passagens por marca para estabilizar as leituras e, ao final, os pares (t, s) foram lançados no plano do gráfico Espaço em função do Tempo.

Figura 26 - Gráfico $s \times t$ elaborado pelos estudantes



Fonte: Autor

O desenho que emergiu foi o esperado, pontos praticamente colineares e uma declividade estável ao longo do trecho. O ajuste linear recuperou v na ordem de 0,34 m/s, compatível com o que a turma já havia observado anteriormente, e um intercepto pequeno, que ajuda a discutir um detalhe importante, que o gráfico raramente passa na origem no instante de tempo $t_0 = 0$, porque s_0 reflete a posição efetiva no instante em que a contagem começou, e o erro humano que aparece no início da marcação torna-se visível nos gráficos gerados. Esse mesmo ajuste, visualmente colado aos pontos, funciona como síntese do experimento, a cada segundo, o carrinho avança cerca de 34 cm; em $t = 4,0$ s, a previsão $s(t) = s_0 + vt$ fica por

volta de 1,36 a 1,38 m, diferença pequena quando comparada às marcas do piso e plenamente explicável por tempo de reação e pequenas variações de atrito.

A leitura didática ganhou objetividade. Em vez de tratar a velocidade apenas como $\Delta s/\Delta t$, os estudantes passaram a reconhecê-la como inclinação da reta, um parâmetro que se lê no gráfico e se interpreta fisicamente. O termo constante, por sua vez, deixou de ser “apenas um número” para assumir o papel de posição inicial no modelo, quando $t = 0$, é s_0 que localiza o carrinho no espaço. Com essa chave, prever e conferir virou um jogo curto, escolhe-se um instante, calcula-se $s(t)$, verifica-se na marca seguinte. O procedimento ajuda a separar medição, modelo e fonte de variação de maneira concreta, sem alongar a aula nem exigir instrumentação adicional.

6.5.3 Movimento Uniformemente Variado (MUV)

Na aula seguinte, a turma trabalhou o PhysiCAR em rampa suave, com motores desligados, deixando o carrinho rolar sozinho, sem deslizar, a partir do topo. A rampa foi montada com tábua apoiada no piso e um calço baixo (entre 5 e 7 cm), de modo a preservar o controle e, ao mesmo tempo, tornar perceptível a aceleração. Mantiveram-se as marcações já familiares (0 cm; 30 cm; 60 cm; 90 cm; 120 cm; 150 cm), e o procedimento seguiu os passos anteriores, dois ou três registros por ponto, trabalho com médias e anotação do instante em que o carrinho cruzava cada posição. A diferença esteve no olhar: agora o interesse era perceber que o gráfico $s \times t$ já não se comporta como reta, e que a curva de inclinação cresce com o tempo.

Os dados mostraram a tendência esperada em plano pouco inclinado, distâncias maiores exigem mais tempo, mas o aumento não acompanha a distância de forma proporcional. Quando os dados são lançados como s em função de t^2 , a nuvem colapsa em quase uma única reta, com excelente alinhamento visual. A leitura fica direta: se s é proporcional a t^2 , há aceleração aproximadamente constante. A tabela da Figura 27 foi construída a partir dos valores de tempo (t) obtidos por um dos grupos e resume valores médios típicos (com dispersões pequenas entre repetições), suficientes para sustentar a análise. A partir dela, os estudantes conseguiram perceber diretamente as variações de t^2 em intervalos de espaços regulares, ou seja, os alunos perceberam o efeito prático de uma aceleração (a).

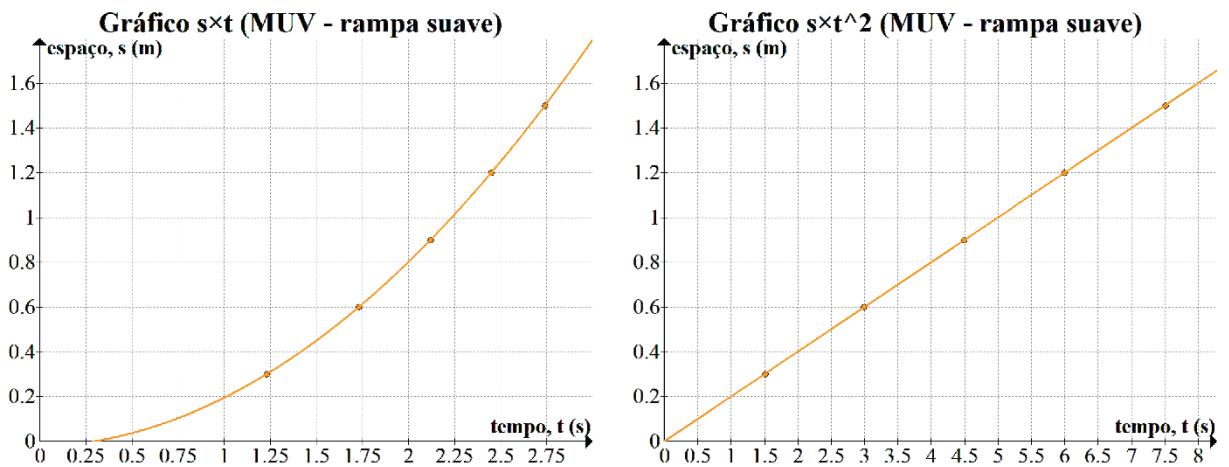
Figura 27 - Distância, tempo médio e quadrado do tempo no plano inclinado (MUV)

s (m)	t (s)	t^2 (s ²)
0,3	1,23	1,51
0,6	1,73	2,99
0,9	2,22	4,49
1,2	2,45	6,00
1,5	2,74	7,51

Fonte: Autor

Com esses pontos, o ajuste linear de s em função de t^2 entrega uma declividade próxima de $0,200$ m/s², o que implica $a \approx 0,40$ m/s² (já que $s = \frac{1}{2}at^2$ quando $v_0 \approx 0$). A reta representa bem os dados, o comportamento é regular, a largada ocorre sem empurrão e a aceleração permanece baixa e estável durante o percurso. Em sala, essa constatação costuma resolver uma dúvida recorrente: “se tem aceleração, por que o gráfico $s \times t$ parece quase uma curva suave e não algo mais dramático?” Exatamente porque a inclinação é modesta; ainda assim, quando se passa para $s \times t^2$, o comportamento linear salta aos olhos e a discussão se esclarece.

Gráfico 4 - Análise gráfica do MUV



Fonte: Autor

Três cuidados operacionais ajudam a qualidade dos dados sem complicar a logística. Primeiro, não empurrar o carrinho na largada, basta soltá-lo, pois um empurrão cria uma velocidade inicial (v_0) e embaralha a leitura. Segundo passo, conferir o alinhamento da tábua e a limpeza da superfície para reduzir trepidações que geram perda de energia e leituras irregulares. Terceiro, manter o calço baixo e estável: quando a inclinação é exagerada, o ganho

de velocidade encurta demais os tempos e aumenta o peso do tempo de reação; quando é muito pequena, a frenagem por atrito fica competitiva e a linearidade em $s \times t^2$ se deteriora. Na prática de sala, pequenas variações do calço funcionam bem como “experimento mental ao vivo”: quando se reduz a inclinação, a declividade do gráfico $s \times t^2$ diminui visivelmente, sinalizando uma aceleração (a) a menor. Quando se eleva um pouco o calço, acontece o inverso.

Didaticamente, a turma se beneficia de duas leituras complementares. No gráfico $s \times t$, percebe-se que a taxa de crescimento não é constante, a reta dá lugar a uma curva. No gráfico $s \times t^2$, a reta volta e, com ela, uma interpretação simples, a inclinação mede aproximadamente $\frac{a}{2}$. Esse jogo de representações (trocar o eixo de t por t^2 para retificar a curva) costuma ser o momento em que aceleração deixa de ser apenas a palavra que acompanha a na fórmula e passa a ser um traço reconhecível nos dados. Com isso assentado, a etapa seguinte, o experimento de queda livre, já encontramos o terreno preparado, pois trata-se do mesmo raciocínio, agora em um caso em que a aceleração é mais intensa e as curvas se abrem um pouco mais.

6.5.4 Experimento Queda-Livre

Neste experimento, retomamos o tema de aceleração aproximadamente constante agora com o PhysiCAR fazendo as leituras de tempo e posição. O carrinho foi conectado por USB ao computador, o sketch específico foi carregado na Arduino IDE e o sensor ultrassônico ficou apontado para o piso, de forma que cada amostra trouxesse distância e o instante em que foi registrada, com precisão de milissegundos, tudo visível no Monitor Serial com a opção de tempo ativada (*SHOWTIMESRAMP*). Em seguida, copiamos as leituras para a planilha auxiliar, que calcula automaticamente os intervalos de tempo e de espaço entre amostras, o que agiliza a organização dos dados antes do gráfico.

Figura 28 - Processamento das leituras do PhysiCAR

	A	C	D
2	COLE ABAIXO A 1ª MEDIDA	Resultado da 1ª Medidas	
3	14:29:25.243 -> Distancia em cm: 2.10	Δt	Δs
4	14:29:25.339 -> Distancia em cm: 2.15	00,096	0,05
5	14:29:25.430 -> Distancia em cm: 2.27	00,187	0,17
6	14:29:25.570 -> Distancia em cm: 2.63	00,327	0,53
7	14:29:25.664 -> Distancia em cm: 2.96	00,421	0,86
8	14:29:25.758 -> Distancia em cm: 3.41	00,515	1,31
9	14:29:25.852 -> Distancia em cm: 3.93	00,609	1,83
10	14:29:25.946 -> Distancia em cm: 4.53	00,703	2,43
11	14:29:26.085 -> Distancia em cm: 5.60	00,842	3,5
12	14:29:26.176 -> Distancia em cm: 6.36	00,933	4,26
13	14:29:26.271 -> Distancia em cm: 7.25	01,028	5,15
14	14:29:26.363 -> Distancia em cm: 8.25	01,120	6,15

Fonte: Autor

O procedimento correu sem empurrão, alturas na faixa de 0,80 m a 1,20 m, três execuções por corpo, o sensor registrou séries estáveis e a variação aumentou um pouco nas alturas menores, como esperado quando os tempos encurtam. Quando os pares foram lançados como espaço em função de tempo ao quadrado, a reta apareceu com nitidez e a inclinação ficou perto de $4,9 \text{ m/s}^2$, valor que, dobrado, entregou g ao redor de $9,8 \text{ m/s}^2$. A própria leitura do Monitor Serial, associada à planilha, reduz o peso do tempo de reação e ajuda a explicar a consistência dos dados, já que os instantes vêm do sistema e não de cronômetros manuais.

Do ponto de vista pedagógico, o arranjo reforçou a passagem do MU para o MUV sem trocar a linguagem que a turma vinha usando, no gráfico $s \times t$ a curva se abre, no gráfico $s \times t^2$ a reta volta e a inclinação ganha significado direto, sendo metade da aceleração (g). O fechamento ocorreu em conversa breve, revisamos cuidados que mantêm a qualidade das séries, soltar sem impulso, posicionar corretamente o sensor e repetir as medidas, e a classe reconheceu que a relação $s \propto t^2$ não é apenas um enunciado de livro, ela aparece limpa quando os tempos são registrados pelo próprio sistema do PhysiCAR.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo examina se a proposta com o PhysiCAR, aplicada em aulas de Cinemática, produziu ganhos concretos na leitura de gráficos e na compreensão de velocidade média, função horária do MU, aceleração em plano inclinado e estimativa da gravidade (g). A investigação ocorreu na EEMTI Ronaldo Caminha Barbosa, em Cascavel, com turmas das 1^a e das 3^a séries do ensino médio, ao longo de 2024 e 2025, atingindo praticamente 300 estudantes durante o período. As práticas foram distribuídas em quatro encontros, cada um com preparação breve, execução guiada pelo roteiro do produto educacional e fechamento com pós-teste. Participaram o professor da disciplina e os estudantes das turmas, sem apoio técnico externo.

A coleta combinou três frentes principais, registros automáticos do PhysiCAR quando cabível, tabelas e gráficos produzidos pelos grupos e testes curtos aplicados antes e depois de cada prática. Os logs foram exportados pela IDE do Arduino e organizados em planilha, os gráficos $s \times t$ e $s \times t^2$ foram construídos pelos estudantes, os testes utilizaram itens de múltipla escolha alinhados aos conteúdos de cada encontro.

O tratamento privilegiou procedimentos simples e verificáveis em sala, médias de medidas repetidas, estimativa de inclinação por dois pontos quando adequado e ajuste linear quando a leitura pedia melhor aproximação. Leituras evidentemente inconsistentes foram refeitas e não integram a análise final. O foco permanece em resultados que dialogam diretamente com os objetivos do estudo.

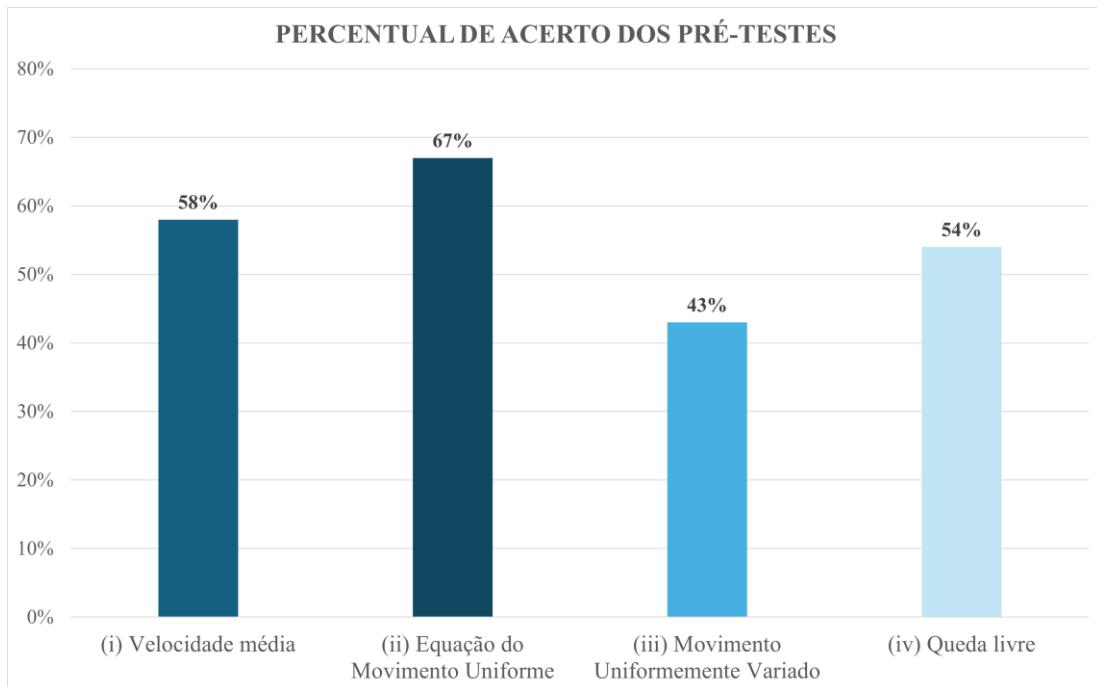
7.1 Análise dos questionários de pré-teste.

Os pré-testes foram aplicados imediatamente antes de cada prática, com itens de múltipla escolha alinhados aos quatro temas trabalhados nas sequências: (i) Velocidade média; (ii) Equação do Movimento Uniforme (MU); (iii) Movimento Uniformemente Variado (MUV) em plano inclinado; e (iv) Queda livre. Os instrumentos constam nos anexos (APÊNDICE B – PRÉ-TESTES E PÓS-TESTES, página 172) e serão retomados aqui apenas para apontar o foco conceitual de cada item e os padrões de resposta observados na turma.

Os padrões observados nos pré-testes dialogam com a ideia de aprendizagem significativa: sem um apoio conceitual estável, os alunos tendem a operar por reconhecimento superficial de fórmulas ou por concepções espontâneas. Nesse sentido, os pré-testes funcionam como diagnóstico dos subsunidores disponíveis (Ausubel, 1963; 2000) e orientam a organização das etapas seguintes da sequência, em linha com a lógica de diferenciação progressiva proposta

na UEPS (Ostermann e Moreira, 2001). Ao mesmo tempo, o trabalho em grupos antecipa o papel da mediação social e da linguagem como organizadores do pensamento científico (Vygotsky, 1978; 1986).

Gráfico 5 - Gráfico do total de acertos nos pré-testes



Fonte: Autor

7.1.1 Velocidade Média

O primeiro conjunto de questões do pré-teste buscou identificar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação ao conceito de velocidade média, tema inicial da sequência de aulas. A escolha desse ponto de partida foi intencional, pois se trata de um conteúdo fundamental da cinemática e, ao mesmo tempo, um dos mais presentes no cotidiano dos alunos, seja no deslocamento diário entre casa e escola, seja nas referências a automóveis, corridas ou até em aplicativos de transporte.

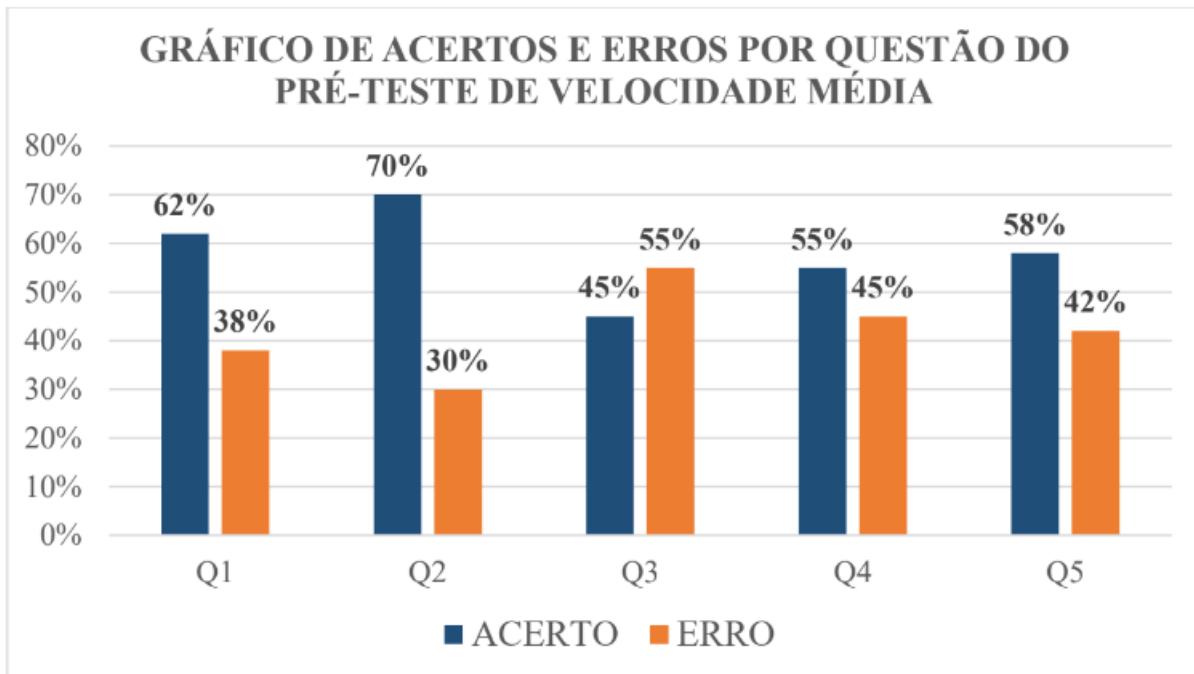
Figura 29 - Perguntas do Pré-Teste de Velocidade Média

	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA Estrada do Pratiú S/N - Caponga - Cascavel - Ceará			NOTA
Aluno:		Data:		
Série: 1º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física	
Professor: Ronalt Gomes				
PRÉ-TESTE				
VELOCIDADE MÉDIA				
<p>1. Em um trecho de 0,60 m o carrinho levou 1,2 s, a velocidade média nesse trecho fica mais próxima de:</p> <p>A) 0,20 m/s B) 0,30 m/s C) 0,33 m/s D) 0,60 m/s E) 1,20 m/s</p> <p>2. A unidade correta para velocidade média no SI é:</p> <p>A) m B) s C) m·s D) m/s E) m/s²</p> <p>3. Em um gráfico posição × tempo que é uma reta com inclinação constante, o que representa a inclinação:</p> <p>A) a posição inicial B) a velocidade C) a aceleração D) o tempo de reação E) o erro de medida</p> <p>4. Dois trechos iguais foram percorridos com tempos 0,9 s e 0,8 s, a maior velocidade média ocorreu no trecho de:</p> <p>A) 0,9 s B) 0,8 s C) iguais D) não é possível dizer E) depende da massa do carrinho</p> <p>5. Marcar o tempo quando o carrinho cruza a fita zero ajuda porque:</p> <p>A) elimina totalmente o erro B) reduz o atraso de reação C) aumenta a aceleração D) muda o s_0 para zero E) muda a unidade</p>				

Fonte: Autor.

A primeira questão propunha o cálculo da velocidade média em um pequeno trecho, relacionando distância e tempo. Apesar da simplicidade numérica, muitos estudantes apresentaram dificuldades, sobretudo por não associarem diretamente a divisão entre espaço percorrido e intervalo de tempo. Parte dos alunos optou por alternativas incorretas que sugeriam confusões conceituais, como tomar a própria distância ou o próprio tempo como resposta. Essa tendência reforça o que apontam estudos sobre ensino de Física, cálculos aparentemente básicos escondem obstáculos epistemológicos, ligados à transposição da matemática para o fenômeno físico.

Gráfico 6 - Percentual de acertos e erros por questão no pré-teste de Velocidade Média



Fonte: Autor

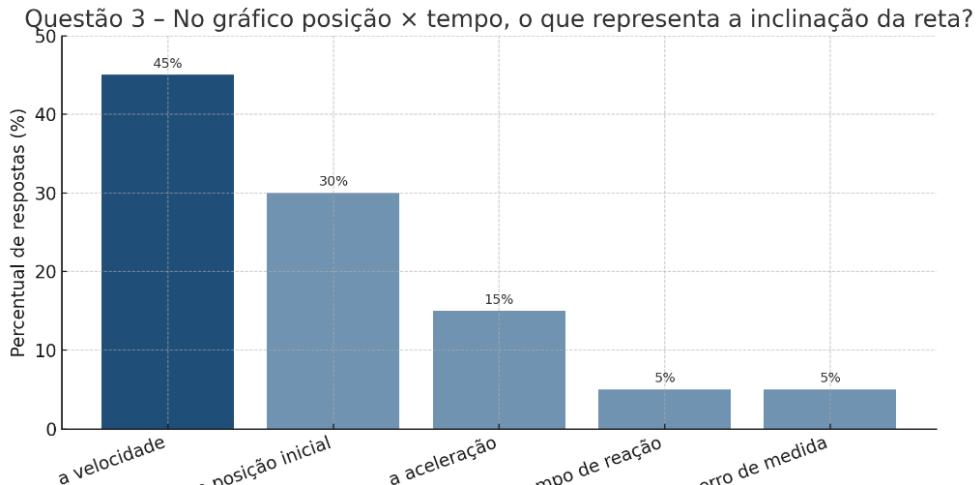
Na segunda questão, que indagava a unidade correta da velocidade média no Sistema Internacional (m/s), observou-se um índice de acertos mais elevado. Isso indica que, mesmo diante de dificuldades com a aplicação prática da fórmula, os alunos mantêm uma familiaridade maior com notações e símbolos aprendidos em etapas anteriores de sua escolarização. Ainda assim, uma parcela considerável confundiu grandezas, marcando opções como “ m ” ou “ $m \cdot s$ ”, o que revela fragilidade na compreensão da ideia de razão entre espaço e tempo.

A terceira questão, que envolvia a interpretação do gráfico posição × tempo, mostrou-se um desafio mais complexo. A maioria dos estudantes não conseguiu relacionar a inclinação da reta ao conceito de velocidade, optando por alternativas ligadas a posição inicial (s_0) ou até mesmo a aceleração (a). Esse dado é relevante, pois evidencia a dificuldade recorrente em traduzir representações gráficas para significados físicos, um dos entraves mais discutidos na literatura sobre ensino de cinemática.

A dificuldade em associar a inclinação ao significado físico de velocidade indica ausência de ancoragem entre o registro gráfico e o conceito. Ao explicitar que a inclinação “conta a história” do movimento, a aula atua como organizador prévio e favorece uma reconciliação entre a linguagem matemática e o fenômeno (Ausubel, 2000). Tornar a meta cognitiva explícita, ler velocidade na inclinação, é coerente com evidências de que o trabalho

prático produz ganhos quando seus objetivos conceituais são claros (Abrahams; Millar, 2008; Hofstein; Lunetta, 2004).

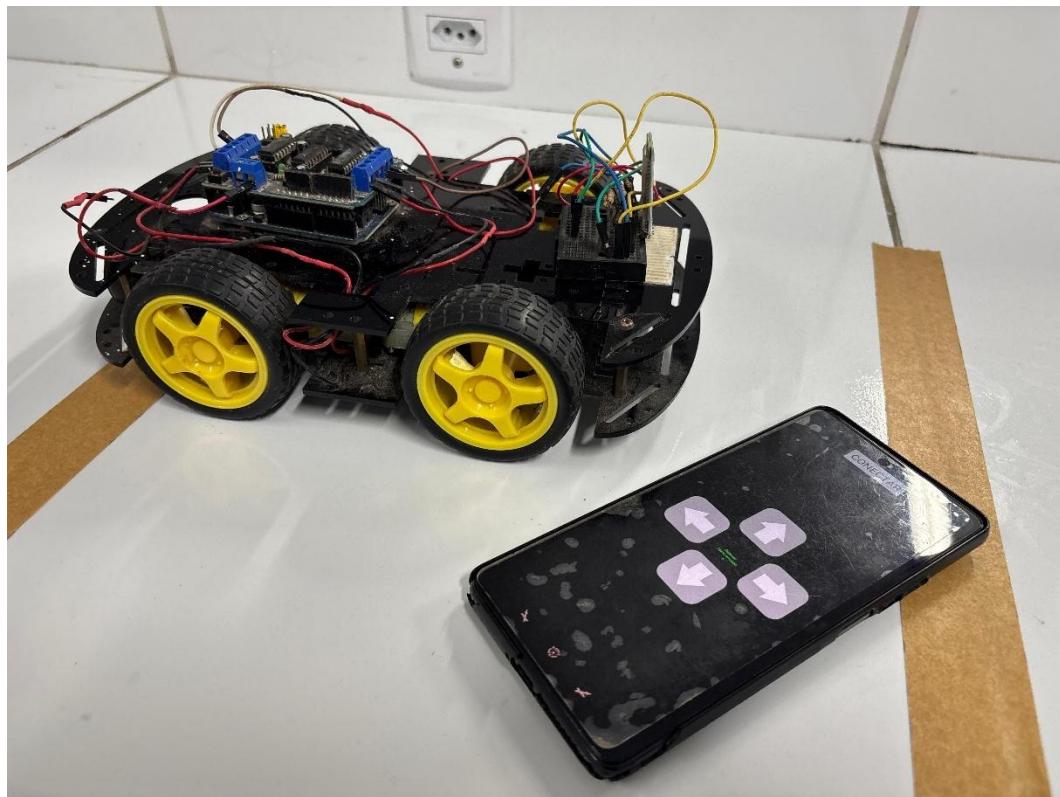
Gráfico 7 - Distribuição das respostas da Questão 3 - Pré-teste Velocidade Média



Fonte: Autor

As duas últimas questões abordavam situações mais próximas do experimento com o carrinho no trilho, simulando medidas de tempo em trechos iguais. Ao analisar as respostas, percebe-se que parte dos estudantes já intuiu que menores tempos correspondem a maiores velocidades médias, mas ainda houve quem atribuísse relevância à massa do objeto, reproduzindo concepções espontâneas que historicamente desafiam o avanço da Física desde Aristóteles. Além disso, quando questionados sobre a marcação do tempo no instante em que o carrinho cruza a fita zero, muitos associaram a prática experimental à eliminação completa do erro, sem perceber que o objetivo era apenas reduzir o atraso de reação. Essa resposta reforça a necessidade de trabalhar não apenas os conceitos, mas também o caráter aproximado e crítico das medições experimentais.

Figura 30 - PhysiCAR utilizado nos experimentos de velocidade média, controlado por aplicativo móvel



Fonte: Autor

O avanço nas justificativas dos estudantes indica a internalização, em interação social, da leitura de retas como taxas, sinalizando passagem de estratégias empíricas para um raciocínio representacional mais estável (Vygotsky, 1978; Driver et al., 1994).

Em síntese, os resultados do pré-teste de velocidade média evidenciam um padrão comum: os estudantes apresentam familiaridade com símbolos e fórmulas, mas encontram dificuldades em aplicá-los em situações experimentais e em traduzir representações matemáticas e gráficas em significados físicos. Tal constatação justifica a proposta de práticas experimentais com o PhysiCAR, que permitem não apenas calcular, mas também observar e discutir coletivamente como a velocidade média se manifesta em um fenômeno real, conectando teoria, prática e cotidiano.

7.1.2 Equação do Movimento Uniforme (MU)

O segundo bloco do pré-teste concentrou-se na equação do Movimento Uniforme, expressa pela função horária $s = s_0 + vt$. A intenção foi verificar se os alunos já conseguiam associar a forma matemática com o fenômeno físico descrito, em especial a interpretação do coeficiente angular da reta como velocidade e do termo independente como posição inicial.

Figura 31 - Perguntas do Pré-Teste de Movimento Uniforme.

	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA Estrada do Pratiú S/N - Caponga - Cascavel - Ceará			NOTA
Aluno:		Data:		
Série: 1º		Turma:	Turno: I	Disciplina: Física
				Professor: Ronalt Gomes
PRÉ-TESTE				

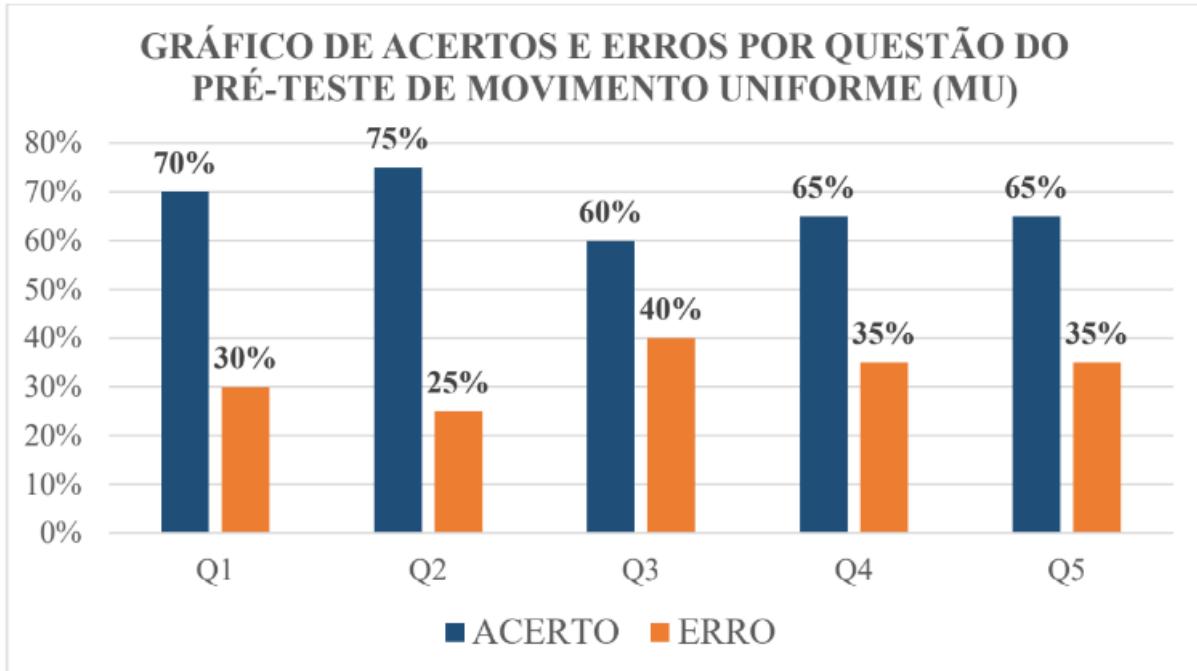
EQUAÇÃO DO MOVIMENTO UNIFORME

- | | |
|---|--|
| <p>1. A equação do espaço do MU é melhor representada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> A) $s = s_0 + v t$ B) $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ C) $v = a t$ D) $s = g t^2$ E) $s = s_0 + a t^2$ <p>2. Em $s(t) = s_0 + v t$, o termo s_0 significa:</p> <ul style="list-style-type: none"> A) velocidade B) posição inicial C) aceleração D) tempo de reação E) massa <p>3. Se dois pontos do gráfico são ($t=2$ s, $s=0,80$ m) e ($t=4$ s, $s=1,48$ m), a velocidade estimada por dois pontos é:</p> <ul style="list-style-type: none"> A) 0,17 m/s B) 0,24 m/s C) 0,34 m/s D) 0,40 m/s E) 0,68 m/s | <p>4. Um gráfico $s \times t$ é uma reta que corta o eixo s em $s=0,10$ m, isso sugere:</p> <ul style="list-style-type: none"> A) erro na unidade B) $s_0 \approx 0,10$ m C) $v = 0,10$ m/s D) aceleração constante E) atrito zero <p>5. A unidade de v no SI é:</p> <ul style="list-style-type: none"> A) s B) m C) m/s D) m/s² E) N |
|---|--|

Fonte: Autor

Os resultados mostraram um índice de acertos um pouco superior ao da seção anterior, alcançando cerca de 67% de respostas corretas (Gráfico 8). Esse desempenho relativamente mais elevado pode ser atribuído ao fato de os estudantes já terem tido contato com essa equação em aulas anteriores, ainda que de forma mais algébrica do que experimental.

Gráfico 8 - Percentual de acertos e erros por questão no pré-teste de Movimento Uniforme



Fonte: Autor

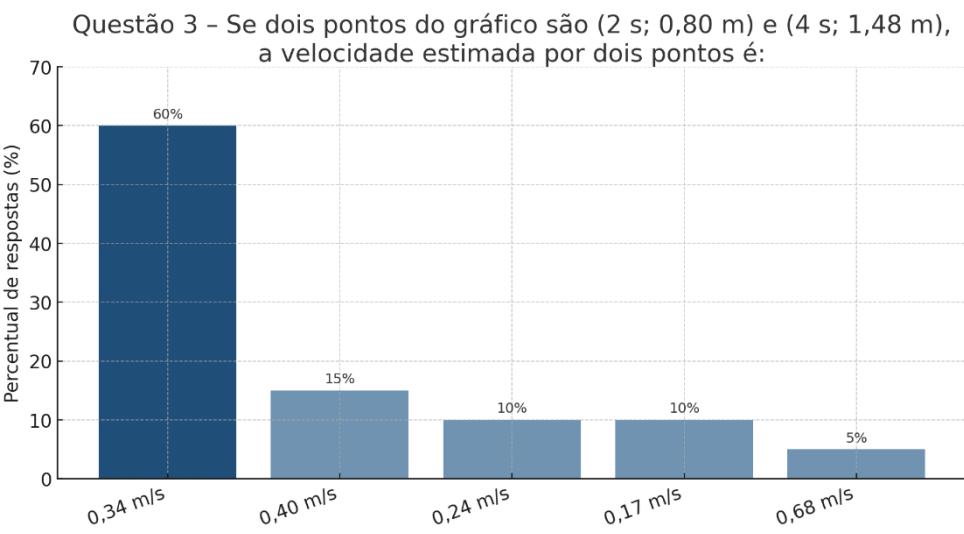
Na primeira questão, que solicitava a identificação da equação correta do movimento uniforme entre diferentes alternativas, a maior parte dos alunos reconheceu a estrutura $s = s_0 + vt$. Entretanto, alguns optaram por equações próprias do movimento uniformemente variado ($s = s_0 + v_{0t} + \frac{at^2}{2}$) ou mesmo pela queda livre, revelando confusão conceitual entre os diferentes tipos de movimento.

A Questão 2 investigava o significado do termo s_0 . Aqui se observou um índice relevante de erros, muitos marcaram “velocidade” ou “aceleração” em vez de “posição inicial”. Esse resultado reforça uma falta de atenção ou uma dificuldade recorrente dos alunos em atribuir sentido físico aos parâmetros da função, confundindo intercepto com coeficiente angular.

Os erros concentrados em s_0 sugerem que parte da turma ainda não distinguia “posição inicial” de “velocidade”, confundindo intercepto com coeficiente angular. Retomar a função horária como “nomes para o que já estava no gráfico” é um movimento de diferenciação progressiva: parte-se da reta construída na prática e refinam-se os significados de cada parâmetro (Ostermann e Moreira, 2001), articulando tabela–gráfico–equação para estabilizar o conceito (Ausubel, 2000).

A terceira questão propunha calcular a velocidade a partir de dois pontos de um gráfico $s \times t$. Apenas pouco mais da metade dos estudantes realizou corretamente a razão $\Delta s / \Delta t$. Muitos estudantes apresentaram dificuldades em trabalhar com múltiplos valores de espaço e tempo, que sugere uma deficiência no conceito de variação (Δ).

Gráfico 9 - Distribuição das respostas da Questão 3

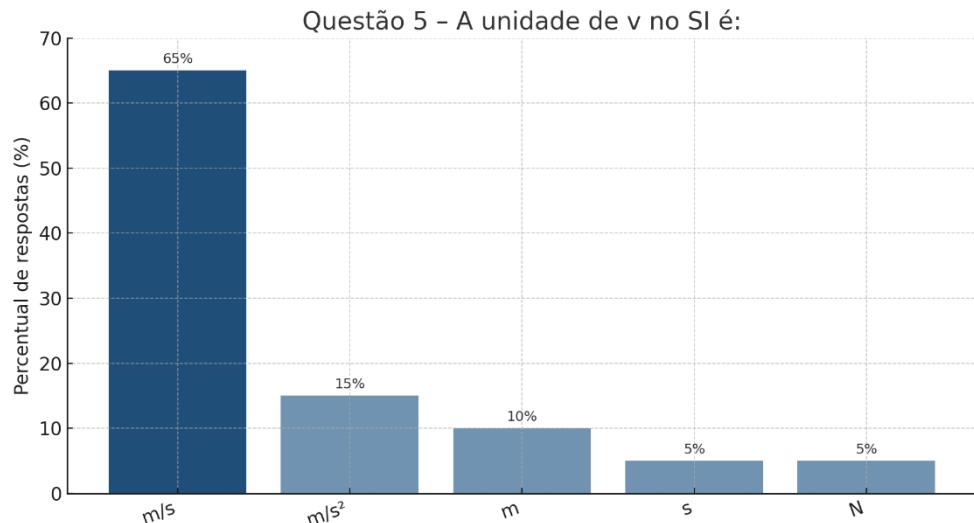


Fonte: Autor

Na Questão 4, que apresentava um gráfico cortando o eixo das posições em $s = 0,10\text{ m}$, muitos estudantes não relacionaram esse valor ao intercepto da função. Parte deles optou pela alternativa “erro de unidade” ou associou ao valor da velocidade. Apenas uma parcela identificou corretamente que o ponto no eixo indica a posição inicial.

Por fim, a quinta questão tratava da unidade de velocidade no Sistema Internacional de Unidades (SI). A maioria reconheceu a resposta correta (m/s), mas ainda houve confusão com m/s^2 , mostrando desatenção ou uma tendência em vincular mecanicamente grandezas de movimento à ideia de aceleração.

Gráfico 10 - Distribuição das respostas da Questão 5



Fonte: Autor

Esses resultados reforçam a ideia de que os alunos memorizam fórmulas, mas não as compreendem como funções lineares, tampouco atribuem significado físico claro aos parâmetros (s, s_0, v). Essa lacuna é apontada em diferentes pesquisas sobre ensino de Física, nas quais a dificuldade maior não está em aplicar uma equação, mas em interpretá-la no contexto de gráficos e medições experimentais.

Em síntese, a análise do pré-teste de Movimento Uniforme confirma a necessidade de atividades que aproximem teoria e prática. O uso do PhysiCAR nas etapas seguintes, ao permitir que os alunos construam gráficos com dados reais e comparem interceptos e inclinações, tem justamente esse papel, transformar símbolos matemáticos em representações palpáveis da experiência.

7.1.3 **Movimento Uniformemente Variado (MUV)**

O bloco de questões do pré-teste sobre o MUV em plano inclinado buscou identificar se os alunos já reconheciam conceitos fundamentais de aceleração constante, a relação entre gráficos e variáveis envolvidas e o efeito da inclinação na dinâmica do movimento.

Figura 32 - Perguntas do Pré-Teste de Movimento Uniformemente Variado (MUV).

	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA Estrada do Pratiú S/N - Caponga - Cascavel - Ceará			NOTA
Aluno:			Data:	
Série: 1º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física	
Professor: Ronalt Gomes PRÉ-TESTE				

MUV NO PLANO INCLINADO

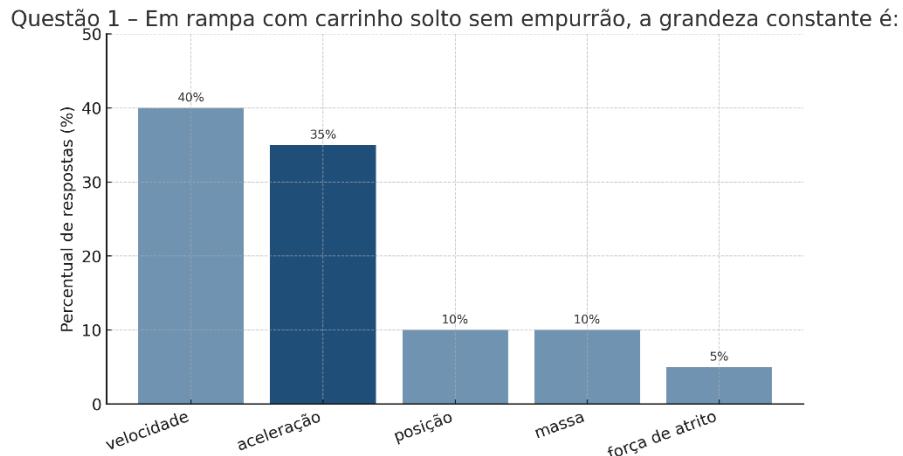
1. Em rampa com carrinho solto sem empurrão, a grandeza que permanece aproximadamente constante é: A) posição B) velocidade C) aceleração D) massa E) força de atrito	4. Se a inclinação do gráfico $s \times t^2$ é 0,20 m/s^2 , a aceleração vale aproximadamente: A) 0,10 m/s^2 B) 0,20 m/s^2 C) 0,40 m/s^2 D) 2,0 m/s^2 E) 9,8 m/s^2
2. A unidade de aceleração no SI é: A) m B) s C) m/s D) m/s^2 E) $N \cdot s$	5. Aumentar o calço da rampa tende a: A) reduzir a aceleração B) manter igual C) aumentar a aceleração D) inverter o movimento E) zerar o atrito
3. O gráfico $s \times t$ tende a ser curvo, já o gráfico $s \times t^2$ tende a: A) curva mais aberta B) reta C) parábola D) círculo E) exponencial	

Fonte: Autor

A primeira questão investigava qual grandeza se mantém aproximadamente constante quando um carrinho é liberado de uma rampa sem impulso inicial. Embora a aceleração seja a resposta correta, a maior parte da turma associou a constância desse movimento ainda a velocidade, que era o objeto das aulas anteriores. Isso revelou uma dificuldade conceitual em diferenciar velocidade constante de aceleração constante, equívoco bastante comum entre estudantes do ensino médio.

A confusão entre “velocidade constante” e “aceleração constante” diminui quando cada representação cumpre uma função didática clara: no MU, a reta em $s \times t$ fixa a leitura de “taxa constante”; no MUV, a reta reaparece ao quadratizar o tempo, deslocando o foco para a variação dessa taxa. Manter o contexto e variar a demanda cognitiva é coerente com a UEPS (Moreira) e com a ideia de andaimagem social na ZDP (Vygotsky, 1978).

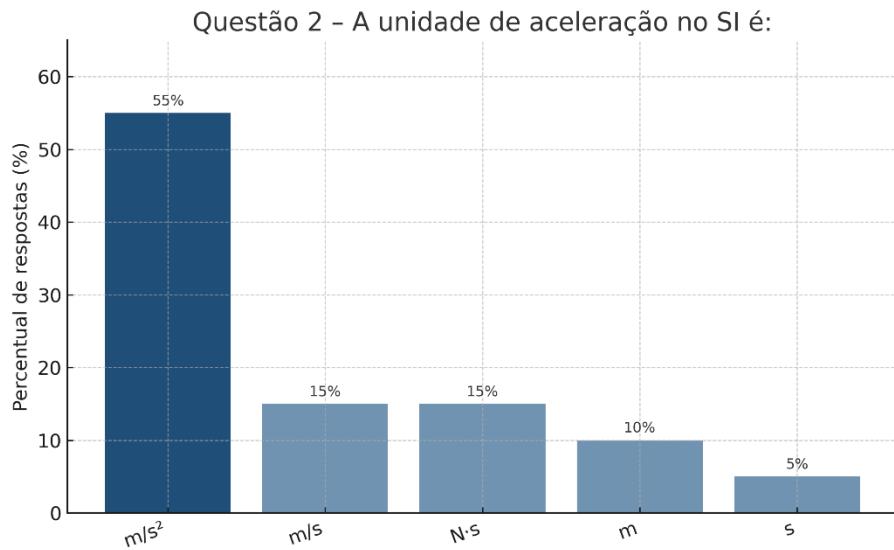
Gráfico 11 - Distribuição de respostas da Questão 1 - MUV



Fonte: Autor

Em seguida, o teste explorava o domínio das unidades de medida ao perguntar qual é a unidade de aceleração no Sistema Internacional. Nesse item, o percentual de acertos foi consideravelmente mais alto, indicando que a turma possuía familiaridade maior com a notação m/s^2 , ainda que alguns alunos tenham optado por m/s ou até $N \cdot s$, mostrando certa confusão entre grandezas derivadas.

Gráfico 12 - Distribuição de respostas da Questão 2 - MUV



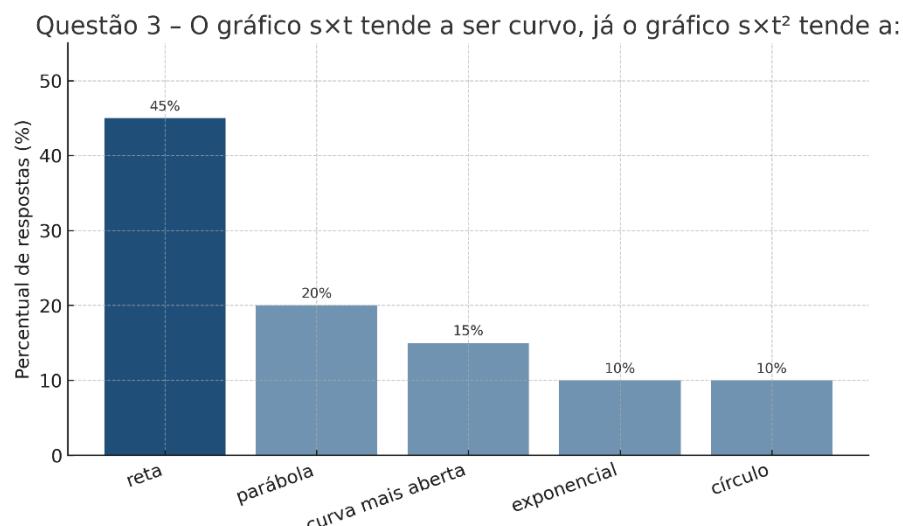
Fonte: Autor

A terceira questão comparava os gráficos de espaço em função do tempo ($s \times t$) e de espaço em função do tempo ao quadrado ($s \times t^2$). A expectativa era que os alunos percebessem que, enquanto o primeiro tende a uma curva, o segundo assume comportamento retilíneo. O número de respostas corretas foi relevante, mas ainda havia uma parcela expressiva que marcou

“parábola”, revelando a tendência a generalizar o traçado curvo mesmo sem analisar cuidadosamente a relação proposta.

A “retificação” de $s \times t$ para $s \times t^2$ atua como reorganização cognitiva: ao evidenciar que a inclinação da nova reta estima $a/2$, a aceleração passa a ser vista como regularidade dos dados, e não apenas como símbolo na fórmula. Esse deslocamento, do empírico ao representacional com inferência quantitativa, é meta típica de laboratórios formativos (Holmes, 2015; Wieman; Perkins, 2005) e favorece a ancoragem de novos significados (Ausubel, 2000).

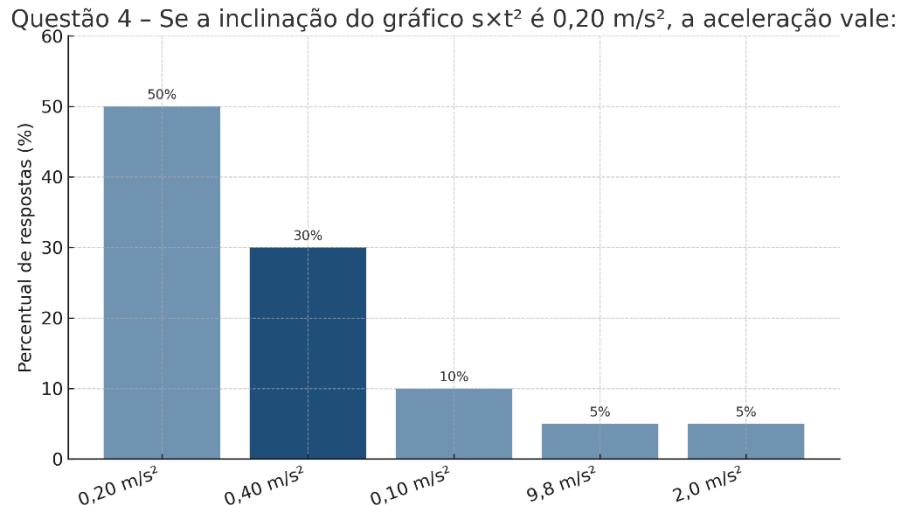
Gráfico 13 - Distribuição de respostas da Questão 3 - MUV



Fonte: Autor

Já a quarta questão demandava interpretação quantitativa: “dado um gráfico $s \times t^2$ com inclinação de $0,20 \text{ m/s}^2$, qual seria o valor da aceleração?” O resultado mostrou um índice de acerto menor em comparação às demais, reforçando que cálculos simples a partir de representações gráficas ainda representam obstáculo. Metade dos estudantes marcaram que a opção correta era $0,20 \text{ m/s}^2$, confundindo a inclinação do gráfico ($s \times t^2$) com a própria aceleração.

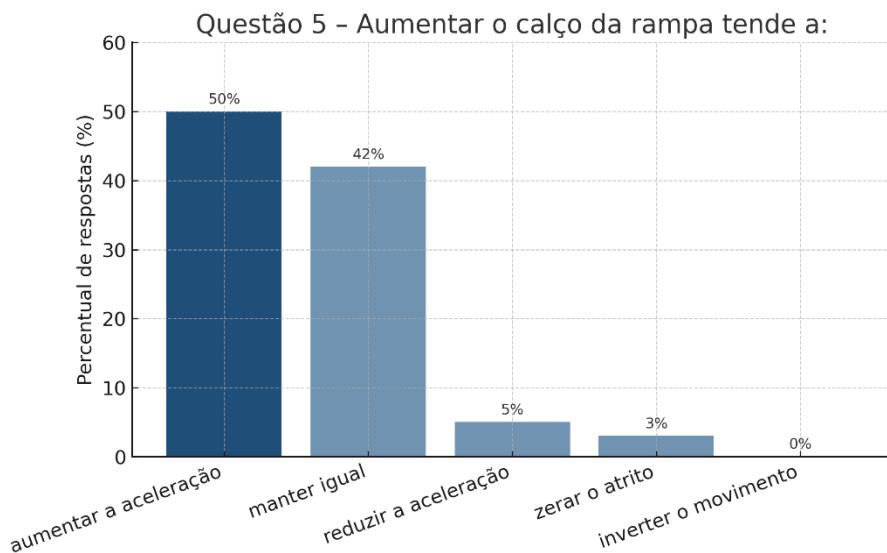
Gráfico 14 - Distribuição de respostas da Questão 4 - MUV



Fonte: Autor

Por fim, a quinta questão abordava o efeito da variação da altura da rampa sobre o movimento. A maioria reconheceu que aumentar o calço leva ao aumento da aceleração, embora uma parte significativa ainda acreditasse que a aceleração permaneceria igual ou até poderia se reduzir. Essa divergência confirma que a relação entre força componente do peso e inclinação do plano não está plenamente assimilada.

Gráfico 15 - Distribuição de respostas da Questão 5 - MUV



Fonte: Autor

7.1.4 Queda-Livre

O último bloco do pré-teste buscou identificar os conhecimentos prévios da turma sobre queda livre, tema tradicionalmente presente nas aulas de cinemática e, ao mesmo tempo,

fortemente marcado por concepções alternativas. Ao contrário do MU e do MUV no plano inclinado, aqui se tratava de verificar se os estudantes conseguiam reconhecer a aceleração da gravidade como constante, interpretar corretamente unidades e relacionar os gráficos característicos desse movimento.

Figura 33 - Perguntas do Pré-Teste de Queda Livre.

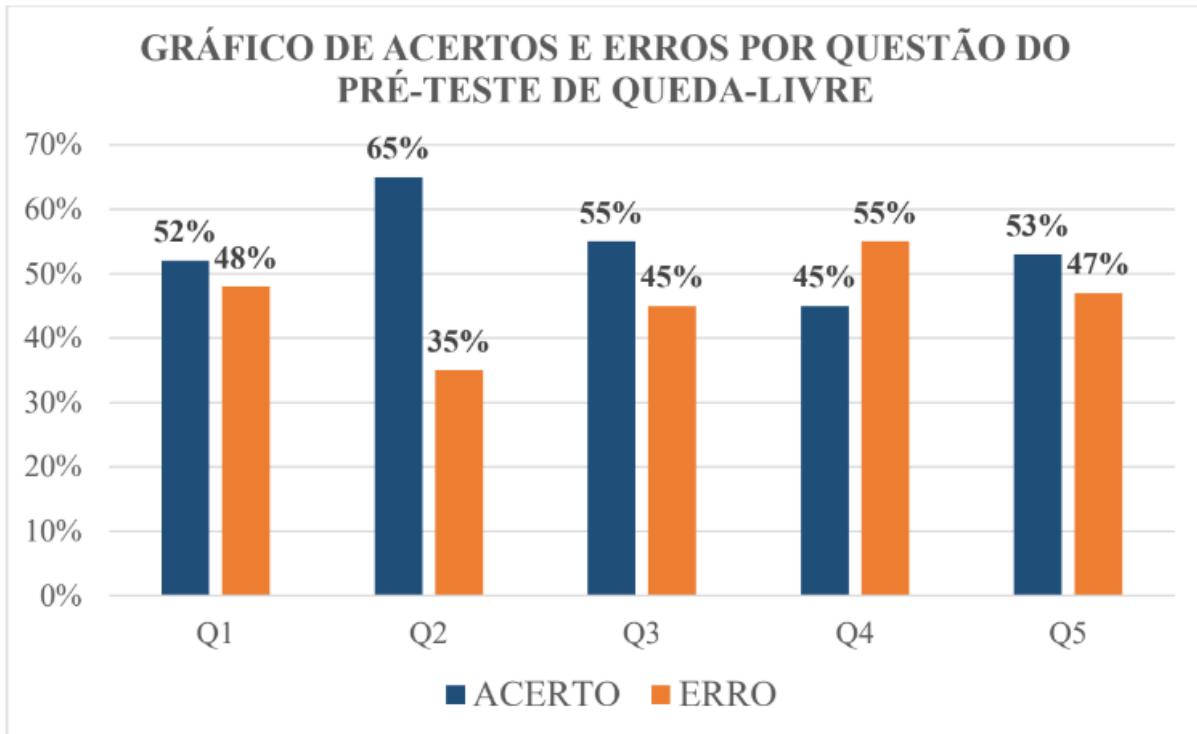
	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA Estrada do Pratiú S/N - Caponga - Cascavel - Ceará			NOTA
	Aluno:		Data:	
Série: 1 ^º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física	
				Professor: Ronalt Gomes
PRÉ-TESTE				

- QUEDA LIVRE**
1. Desprezando o ar, durante a queda a aceleração é aproximadamente:
 A) zero
 B) constante e igual a g
 C) variável e crescente
 D) negativa e crescente
 E) infinita
2. A unidade de g no SI é:
 A) m
 B) s
 C) m/s
 D) m/s²
 E) N/kg
3. Em queda livre a relação entre espaço e tempo é melhor descrita por:
 A) $s \propto t$
 B) $s \propto t^2$
 C) $s \propto 1/t$
 D) $s \propto v$
 E) $s \propto m$
4. Dois objetos de massas diferentes, largados da mesma altura, chegam ao chão:
 A) em tempos muito diferentes
- B) ao mesmo tempo se o ar for desprezado
 C) sempre primeiro o mais pesado
 D) sempre primeiro o mais leve
 E) depende da cor
5. No gráfico $s \times t^2$ a inclinação idealmente vale:
 A) g
 B) $g/2$
 C) 2g
 D) $1/g$
 E) 0

Fonte: Autor

No conjunto das cinco questões, a média geral de acertos foi de 54%, resultado um pouco acima do observado em MUV, mas ainda revelador de dificuldades significativas.

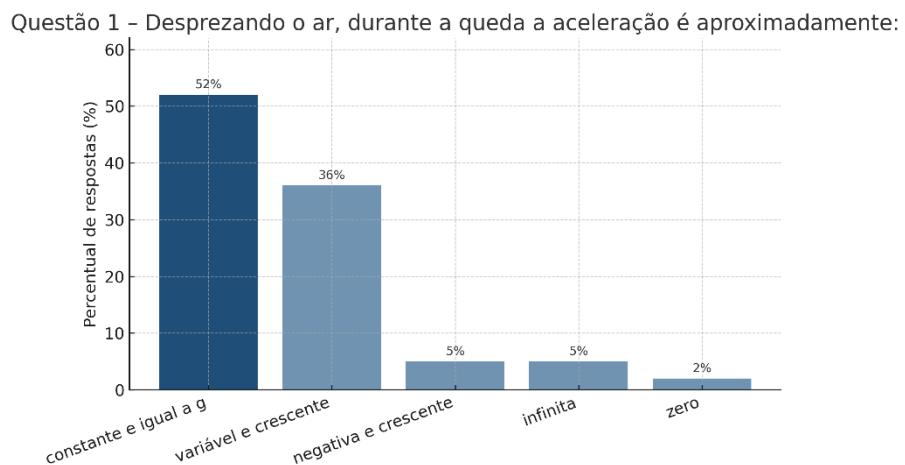
Gráfico 16 - Resultados do pré-teste de Queda livre



Fonte: Autor

Na Questão 1, que perguntava sobre a natureza da aceleração durante a queda, pouco mais da metade dos estudantes identificou que ela é constante e igual a gravidade (g). Um grupo expressivo, porém, marcou alternativas como “variável e crescente” ou “negativa”, revelando confusão entre a direção da aceleração e o sentido do movimento. Esse resultado confirma a persistência de concepções intuitivas segundo as quais o objeto “ganharia aceleração” ao cair.

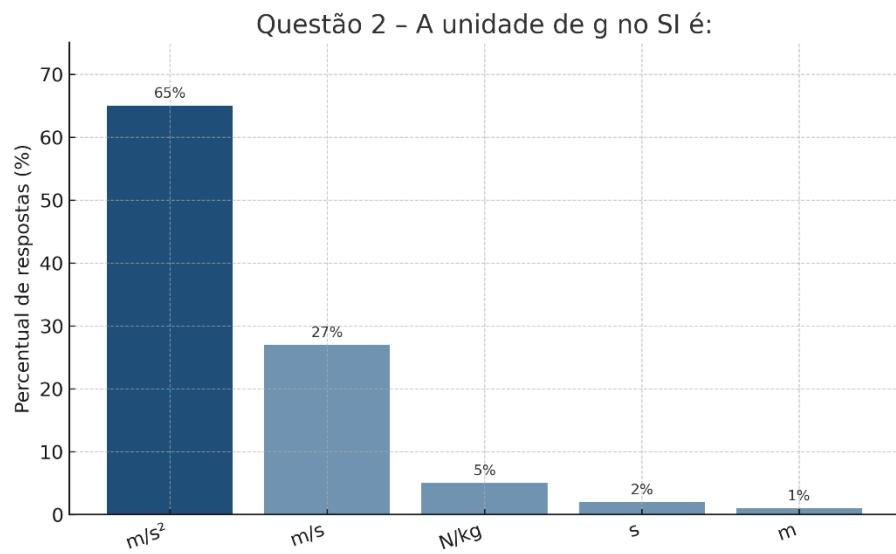
Gráfico 17 - Distribuição de respostas da Questão 1 - Queda livre



Fonte: Autor

O segundo item abordava a unidade de medida de g no SI. Aqui o índice de acertos foi relativamente mais elevado, com a maioria reconhecendo o metro por segundo ao quadrado como unidade correta. Ainda assim, parte da turma escolheu “m/s” ou “N/kg”, sinalizando desatenção ou uma tendência a confundir aceleração com velocidade ou força.

Gráfico 18 - Distribuição de respostas da Questão 2 - Queda livre



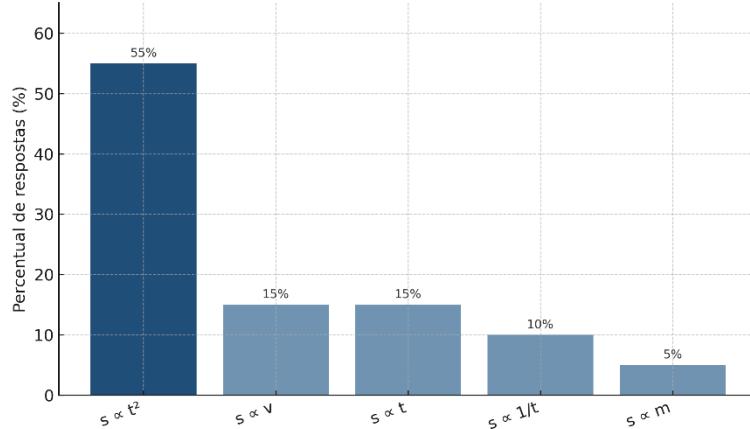
Fonte: Autor

Na Questão 3, os estudantes foram convidados a relacionar espaço e tempo em queda livre. A alternativa correta, espaço proporcional ao quadrado do tempo, foi marcada por pouco mais da metade da turma. O restante dividiu-se entre itens semelhantes, evidenciando a dificuldade em aceitar que o espaço cresce quadraticamente com o tempo. Esse erro é particularmente relevante, pois repercute diretamente na interpretação do gráfico $s \times t^2$, explorado nos experimentos posteriores.

A resistência inicial em aceitar a proporcionalidade quadrática indica que a linearização não é apenas técnica: ela produz insight conceitual. Ao ver a reta emergir em $s \times t^2$, a regularidade passa a ser percebida como propriedade do fenômeno, não do “jeito de calcular”. Esse tipo de ganho é recorrente quando o trabalho prático explicita metas cognitivas (Abrahams; Millar, 2008; Hofstein; Lunetta, 2004).

Gráfico 19 - Distribuição de respostas da Questão 3 - Queda livre

Questão 3 - Em queda livre a relação entre espaço e tempo é melhor descrita por:

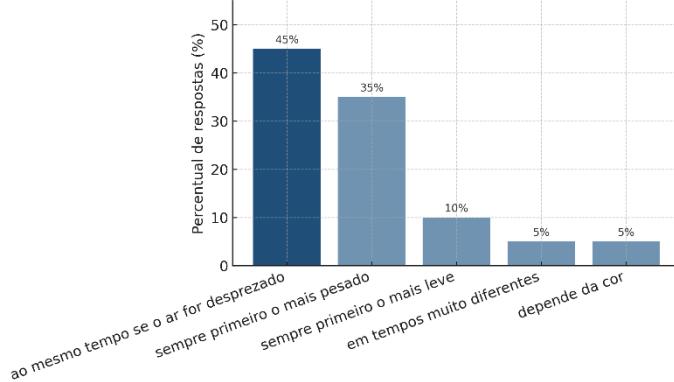


Fonte: Autor

A Questão 4, que comparava a queda de dois corpos de massas diferentes, apresentou resultados interessantes. A maior parte assinalou corretamente que ambos chegam ao solo ao mesmo tempo (desprezando a resistência do ar). No entanto, ainda houve um número relevante de pessoas que atribuísse ao corpo mais pesado a queda mais rápida, repetindo a concepção aristotélica que se mantém viva no senso comum.

Gráfico 20 - Distribuição de respostas da Questão 4 - Queda livre

Questão 4 - Dois objetos de massas diferentes, largados da mesma altura, chegam ao chão:



Fonte: Autor

Por fim, a última questão solicitava a interpretação da inclinação no gráfico $s \times t^2$. Poucos alunos reconheceram que ela corresponde à metade da aceleração.

De maneira geral, a análise do pré-teste de queda livre confirma que os alunos têm noções próximas do correto em alguns pontos, como a independência da massa e a unidade de aceleração, mas ainda apresentam lacunas importantes na leitura de gráficos e na interpretação quantitativa das relações. A prática com o PhysiCAR, ao registrar tempos de queda e permitir a

construção dos gráficos $v \times t$, foi planejada justamente para atacar essas dificuldades, transformando abstrações em dados concretos observados em sala.

7.2 Análise dos resultados das sequências didáticas

Após a aplicação das quatro sequências experimentais com o PhysiCAR, os registros produzidos em sala de aula, incluindo os pós-testes, os gráficos elaborados pelos estudantes, as observações durante a realização dos experimentos e as fotografias da prática, oferecem um conjunto consistente de informações para avaliar os avanços conceituais e as dificuldades persistentes.

A análise que se segue busca comparar os desempenhos obtidos antes e depois das atividades, destacando em que medida a abordagem experimental contribuiu para superar concepções alternativas e consolidar a compreensão dos conceitos de Velocidade Média, Movimento Uniforme, Movimento Uniformemente Variado em plano inclinado e Queda Livre.

7.2.1 Prática de Velocidade Média

A primeira sequência experimental tratou do conceito de velocidade média, explorado por meio da montagem do PhysiCAR em uma trajetória retilínea e da medição de tempos em trechos definidos. O objetivo principal foi fazer com que os alunos relacionassem o cálculo da velocidade média não apenas à aplicação direta de uma fórmula, mas à compreensão da razão entre espaço percorrido e intervalo de tempo.

Figura 34 - Perguntas do Pós-Teste de Velocidade Média.

 EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA Estrada do Pratiúva S/N - Caponga - Cascavel - Ceará	NOTA		
	Aluno:	Data:	
Série: 1º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física
Professor: Ronalt Gomes			
PÓS-TESTE			

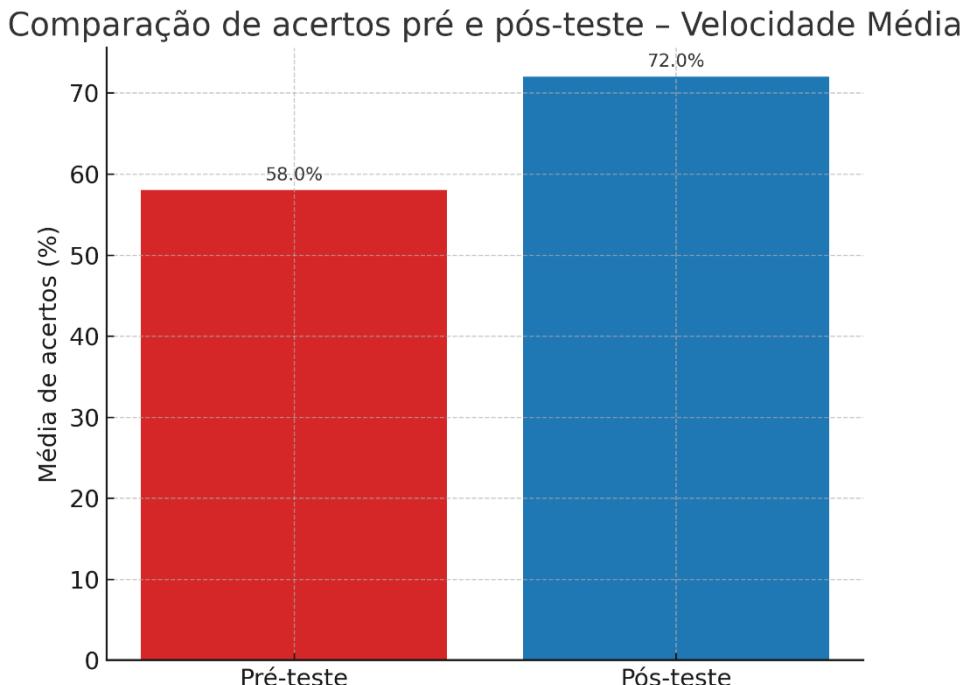
VELOCIDADE MÉDIA

1. Em 1,20 m o tempo médio foi 3,0 s, estime a velocidade média no percurso todo
 - A) 0,24 m/s
 - B) 0,30 m/s
 - C) 0,34 m/s
 - D) 0,40 m/s
 - E) 3,5 m/s
2. No gráfico $s \times t$ de uma aula, as retas de dois carrinhos têm inclinações diferentes, a reta mais inclinada indica
 - A) menor velocidade
 - B) maior velocidade
 - C) maior s_0
 - D) maior tempo de reação
 - E) maior atrito
3. Se $v = 0,30 \text{ m/s}$, o tempo para alcançar 1,50 m fica em torno de
 - A) 3,0 s
 - B) 3,5 s
 - C) 4,4 s
 - D) 5,0 s
 - E) 0,34 s
4. O gráfico ajustado não passa exatamente na origem, isso ocorre porque
 - A) o carrinho partiu acelerando
 - B) o cronômetro começou ligeiramente depois do $s=0$
 - C) o carrinho é pesado
 - D) a régua estava errada
 - E) a unidade está incorreta
5. A grandeza mais afetada pelo atraso de reação é
 - A) a unidade
 - B) o s_0 estimado
 - C) a massa
 - D) a distância
 - E) a cor da fita
6. Em trechos iguais, tempos médios próximos indicam
 - A) velocidade praticamente constante
 - B) aceleração grande
 - C) erro sistemático alto
 - D) atrito nulo
 - E) força resultante nula

Fonte: Autor

No pós-teste, a média de acertos subiu em relação ao diagnóstico inicial, alcançando aproximadamente 72%, um avanço expressivo frente aos 58% registrados anteriormente. O ganho foi mais perceptível nas questões que exigiam interpretação gráfica e identificação das variáveis relevantes para o cálculo da velocidade.

Gráfico 21 - Gráfico de comparação entre pré e pós-teste de velocidade média



Fonte: Autor

Um ponto positivo observado durante a prática foi o engajamento dos estudantes com o uso do aplicativo de controle do PhysiCAR. A possibilidade de medir o tempo em diferentes posições da trajetória contribuiu para que a fórmula de velocidade média deixasse de ser um enunciado abstrato e passasse a ser vista como resultado de uma medição concreta.

Na análise das respostas, destaca-se que a resposta dos alunos na questão do manual de prática, que perguntava: “A velocidade é constante? Por quê?”. A Grande maioria das equipes chegou intuitivamente à conclusão de que “se para percorrer a mesma distância, os tempos foram aproximadamente iguais, logo a velocidade foi constante”.

Respostas abertas como essa indicam que as justificativas passaram a se ancorar em evidências (“mesma distância, tempos semelhantes → velocidade aproximadamente constante”). A explicitação pública de critérios é típica de ambientes em que o conhecimento é construído socialmente e negociado pela linguagem (Driver et al., 1994; Vygotsky, 1978), sinalizando que a atividade ultrapassou o “fazer por fazer”

Figura 35 - Resposta de estudante à questão aberta sobre a constância da velocidade durante o experimento de Velocidade Média

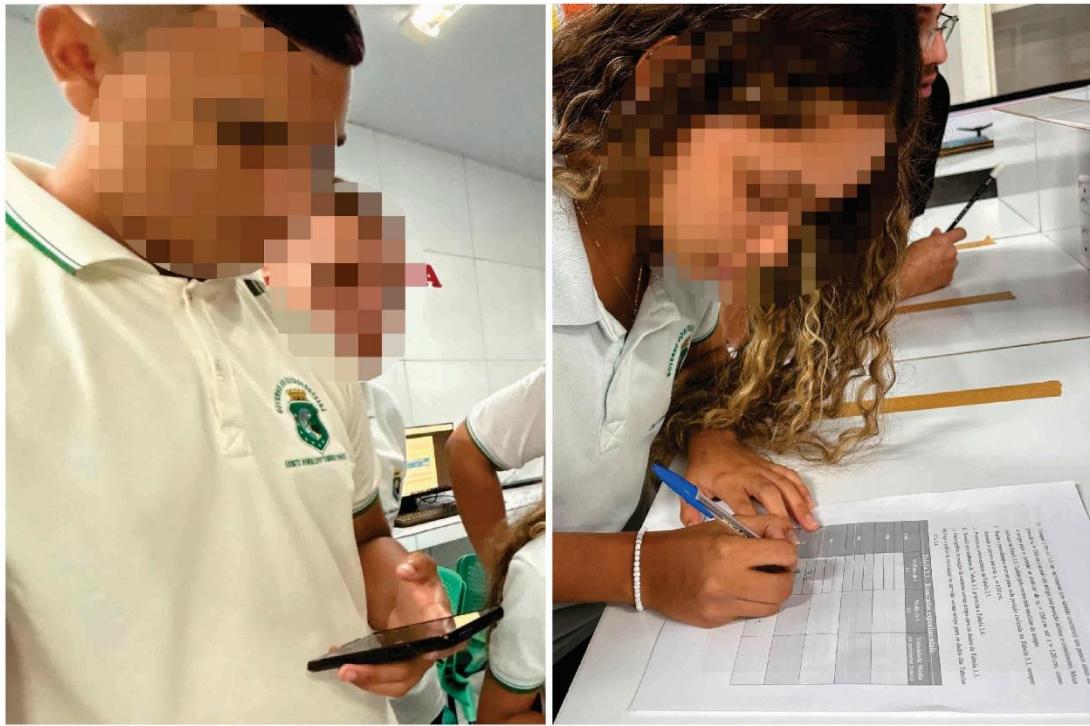
Responda: A velocidade é constante? Por quê?

Sim. Porque o tempo foi o mesmo em todas as medidas.

Fonte: Autor

Além dos resultados quantitativos, os registros fotográficos feitos em sala ilustram a participação dos alunos na coleta de dados e a discussão coletiva sobre os resultados. O contato direto com o experimento ajudou a reduzir respostas mecanicistas e estimulou a percepção de que, ao dobrar o tempo em um mesmo percurso, a velocidade média se reduz pela metade — uma relação que poucos haviam assimilado antes da atividade.

Figura 36 - Estudantes registrando dados experimentais na tabela de resultados durante a sequência sobre Velocidade Média



Fonte: Autor

Em síntese, a sequência de velocidade média mostrou-se eficaz em ampliar a compreensão do conceito. Embora ainda tenham surgido algumas dificuldades pontuais na

distinção entre velocidade média e instantânea, a maioria da turma demonstrou maior segurança em calcular e interpretar essa grandeza, associando diretamente as medidas realizadas ao significado físico da equação.

7.2.2 Prática de Movimento Uniforme (MU)

A segunda sequência experimental teve como foco o Movimento Uniforme, explorando a construção e interpretação de gráficos posição × tempo a partir dos dados coletados com o PhysiCAR. Diferente do tratamento dado ao pré-teste, aqui a análise privilegia o que ocorreu durante o experimento, destacando as discussões em sala, as dificuldades encontradas e os indícios de aprendizagem observados diretamente na prática.

Logo no início, os alunos receberam o manual de prática com as instruções para montagem e registro dos dados. O material serviu como guia, mas também provocou dúvidas iniciais sobre a diferença entre v , que foram discutidas coletivamente antes da coleta de medidas.

Figura 37 - Exposição inicial sobre o Movimento Uniforme e orientações para a atividade prática com o PhysiCAR.



Fonte: Autor

Na etapa experimental, o carro foi posicionado em pista retilínea e controlado via aplicativo, permitindo registrar posições em diferentes instantes. Os grupos anotaram suas

medidas em tabelas semelhantes às do manual, o que estimulou a organização dos dados e a comparação entre trechos.

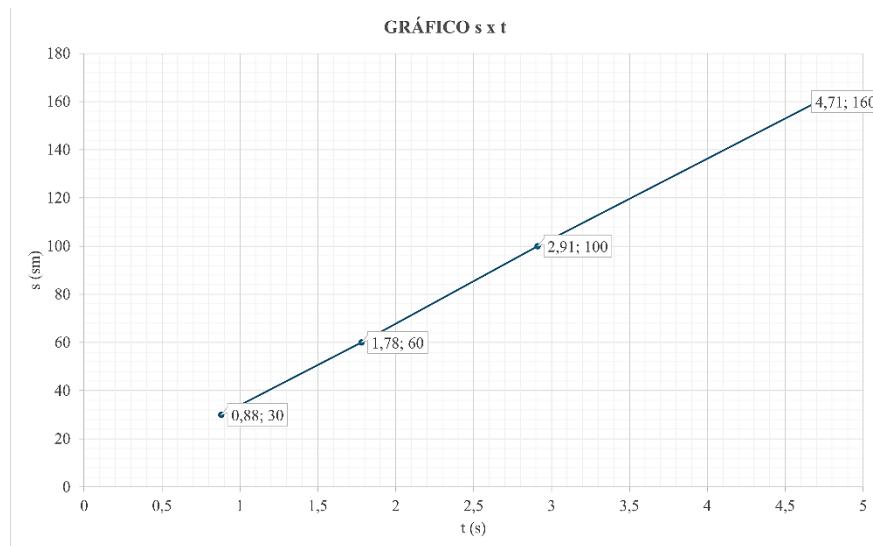
Figura 38 - Tabela 3.5 do manual de prática preenchida pelos estudantes durante o experimento de Movimento Uniforme

Tabela 3.5 – Resultados experimentais			
s (cm)	Medidas de t (s)	Média de t (s)	Velocidade Média no percurso (cm/s)
30	0,85	0,88	34,1
	0,90		
	0,88		
60	1,75	1,78	33,7
	1,78		
	1,80		
100	2,90	2,91	34,4
	2,95		
	2,87		
160	4,70	4,71	34,0
	4,75		
	4,68		

Fonte: Autor

Durante a atividade, um dos pontos de maior discussão ocorreu na interpretação do gráfico $s \times t$. Muitos alunos inicialmente esperavam encontrar uma curva, mas ao organizarem os dados perceberam que os pontos se alinhavam em torno de uma reta. Essa constatação desencadeou debates sobre o significado da inclinação, alguns afirmavam tratar-se da “velocidade inicial”, outros de “uma constante”, até que o grupo compreendeu que o coeficiente angular corresponde à velocidade média do movimento.

Gráfico 22 - Gráfico posição × tempo ($s \times t$) elaborado a partir dos dados da Tabela 3.5 preenchida pelos estudantes.

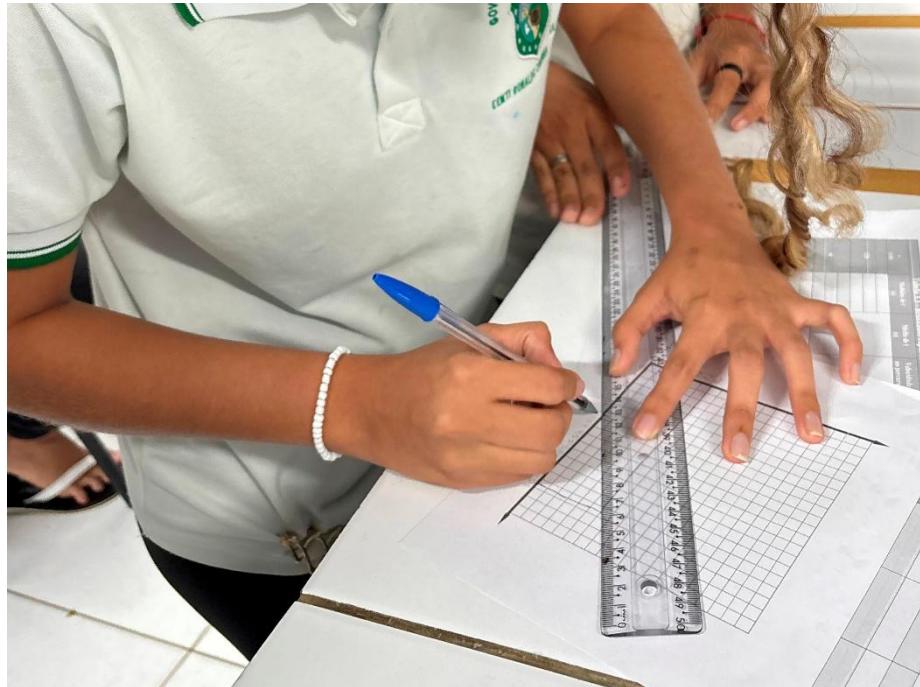


Fonte: Autor

O engajamento ficou evidente nas tentativas de ajustar linhas retas aos pontos experimentais e nas comparações entre grupos. Alunos que apresentaram desvios maiores no alinhamento dos pontos foram estimulados a discutir possíveis fontes de erro, como atraso na marcação do tempo ou desalinhamento do carro.

A comparação entre grupos e a discussão de fontes de erro (reação no tempo, desalinhamento do carrinho, pequenas inclinações) apontam para um laboratório com metas epistêmicas: medir, modelar e argumentar como práticas científicas escolares (Hofstein; Lunetta, 2004; Holmes, 2015). Esse desenho está alinhado a evidências que associam atividades práticas bem estruturadas a ganhos de desempenho em ciências (Freeman et al., 2014; Wieman; Perkins, 2005)

Figura 39 - Registro gráfico da função horária do Movimento Uniforme, etapa que favoreceu a compreensão da reta como representação da velocidade constante



Fonte: Autor

Ao final da prática, a maioria conseguiu identificar corretamente a equação do movimento uniforme como uma função linear, relacionando o coeficiente angular à velocidade e o termo independente à posição inicial. Mais do que memorizar a equação $s = s_0 + vt$, os alunos puderam perceber seu significado a partir de dados concretos, o que representa um avanço importante frente à abordagem puramente algébrica.

7.2.3 Prática de Movimento Uniformemente Variado (MUV) em plano inclinado

A terceira sequência experimental foi dedicada ao Movimento Uniformemente Variado em plano inclinado, explorado com o PhysiCAR em rampas de diferentes inclinações. O objetivo principal foi possibilitar aos alunos observar o caráter acelerado do movimento e compreender como a aceleração se manifesta tanto nos registros experimentais quanto nos gráficos.

Durante a prática, cada grupo mediou os tempos de passagem do carro em trechos igualmente espaçados da rampa, registrando os valores em tabelas. A partir desses dados, construíram gráficos $s \times t$, que apresentaram a curvatura característica do movimento acelerado, e posteriormente gráficos $s \times t^2$, que mostraram a relação linear esperada.

Figura 40 - Tabela 3.7 do manual preenchida pelos estudantes

Tabela 3.7 – Resultados experimentais		
s (cm)	Medidas de t (s)	Média de t (s)
30	1,20	1,22
	1,25	
	1,22	
60	1,40	1,42
	1,45	
	1,42	
90	2,10	2,12
	2,15	
	2,12	
120	2,45	2,47
	2,47	
	2,50	
150	2,80	2,78
	2,75	
	2,78	

Fonte: Autor

A atividade permitiu um debate importante sobre a interpretação gráfica. Muitos alunos se surpreenderam ao perceber que, enquanto o gráfico $s \times t$ não formava uma reta, o gráfico $s \times t^2$ apresentava linearidade, evidenciando a presença de aceleração constante, como mostrado no Gráfico 4. Esse momento foi central para desconstruir a ideia de que o movimento no plano inclinado poderia ser uniforme.

Outro aspecto relevante foi a comparação entre rampas com inclinações diferentes. Ao aumentar o calço, os alunos observaram a redução dos tempos de descida e concluíram que a aceleração crescia com o ângulo da rampa. Embora alguns ainda tenham associado incorretamente esse efeito a um “aumento da velocidade inicial”, a maioria compreendeu a relação entre inclinação e componente do peso.

Figura 41 - Perguntas do Pós-Teste de MUV no Plano Inclinado.

	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA Estrada do Pratiú S/N - Caponga - Cascavel - Ceará			NOTA
Aluno:				Data:
Série: 1 ^º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física	
Professor: Ronal Gomes				
PÓS-TESTE				

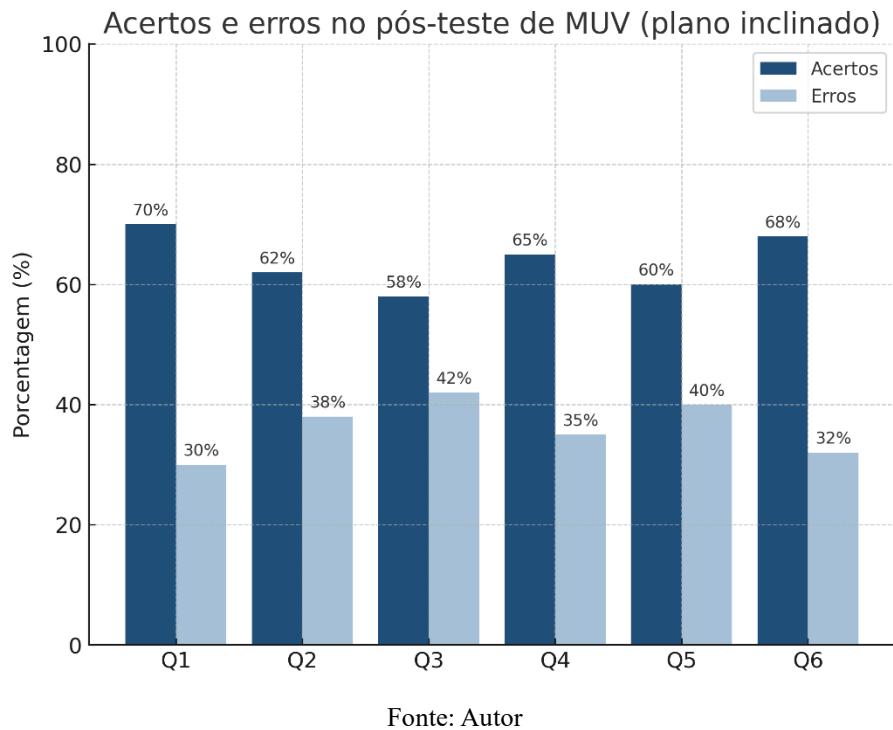
MUV NO PLANO INCLINADO

1. Em 0,30 m o tempo médio foi 1,23 s e em 1,50 m foi 2,74 s, estime a inclinação de s por t^2 usando dois pontos:
 A) 0,10 m/s²
 B) 0,15 m/s²
 C) 0,20 m/s²
 D) 0,34 m/s
 E) 0,40 m/s²
2. Com a inclinação do item 1, a aceleração estimada fica em torno de:
 A) 0,10 m/s²
 B) 0,20 m/s²
 C) 0,40 m/s²
 D) 0,80 m/s²
 E) 1,20 m/s²
3. Se o carrinho for "ajudado" na largada, o que tende a acontecer com o ajuste $s \times t^2$:
 A) a reta some
 B) a inclinação dobra automaticamente
 C) aparece efeito de v_0 e o ajuste piora
 D) nada muda
 E) g muda
4. A rampa está desalinhada e a superfície tem resíduos, isso afeta mais:
 A) s_0
 B) a massa
 C) a regularidade dos tempos e a dispersão
 D) a unidade
 E) a cor da fita
5. Em plano inclinado suave, qual estratégia melhora a qualidade dos dados:
 A) usar um único tempo por ponto
 B) soltar sem empurrão e repetir
 C) aumentar demais a inclinação
 D) medir só o último ponto
 E) trocar m por cm para "aumentar" a precisão
6. Se a inclinação do gráfico $s \times t^2$ passa de 0,20 para 0,25 m/s² ao elevar o calço, a aceleração passa a
 A) 0,25 m/s²
 B) 0,30 m/s²
 C) 0,40 m/s²
 D) 0,50 m/s²
 E) 0,80 m/s²

Fonte: Autor

No pós-teste, os índices de acertos subiram em relação ao pré, especialmente nas questões que envolviam a unidade de aceleração no SI e a identificação da linearidade do gráfico $s \times t^2$. Ainda assim, persistiram dificuldades na interpretação quantitativa do coeficiente angular, muitos estudantes continuaram associando-o a aceleração (a), em vez de $a/2$.

Gráfico 23 - Gráfico de acertos do pós-teste da prática de MUV



Fonte: Autor

De modo geral, a sequência mostrou-se eficaz em aproximar os alunos da ideia de aceleração constante. Mais do que memorizar fórmulas, eles tiveram a oportunidade de visualizar e discutir o fenômeno a partir de dados coletados por eles mesmos, o que contribuiu para tornar os conceitos menos abstratos e mais significativos.

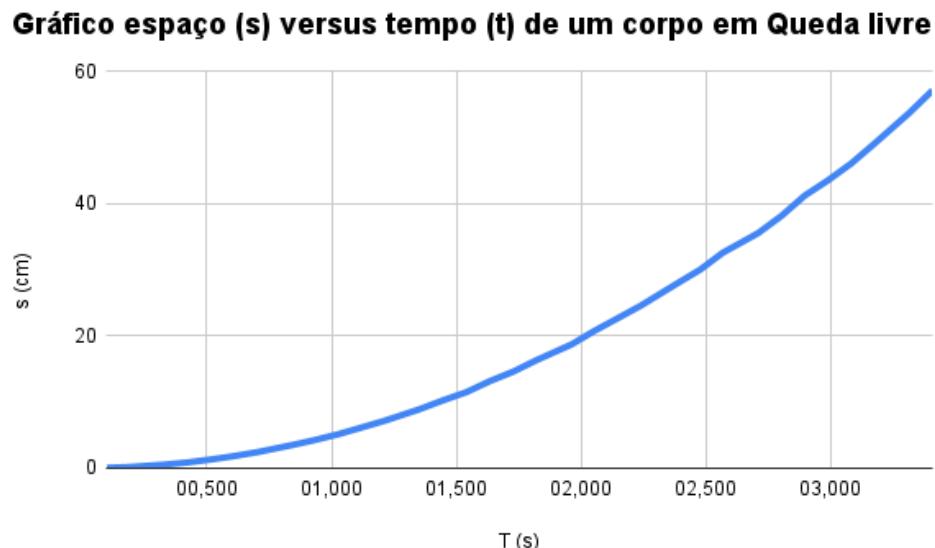
7.2.4 Prática de Queda-livre

A última sequência experimental concentrou-se na queda livre, investigada a partir da análise do movimento de dois corpos distintos lançados da mesma altura. Os registros produzidos pelos estudantes, tabelas, gráficos e respostas escritas nos manuais de prática, evidenciam como o conceito foi sendo apropriado ao longo da atividade.

Um dos principais pontos discutidos foi a comparação entre os gráficos $s \times t$ dos dois corpos. A atividade incluía a questão: “Houve diferença no formato dos gráficos entre o corpo 1 e o corpo 2? Que observações sobre conceitos físicos podemos tirar desses gráficos?” A maioria dos alunos reconheceu corretamente que os gráficos apresentavam o mesmo formato, indicando que a aceleração da gravidade é a mesma para corpos de massas diferentes quando o ar é desprezado. Essa constatação evidencia a superação parcial da concepção aristotélica, ainda identificada no pré-teste, de que corpos mais pesados caem mais rápido.

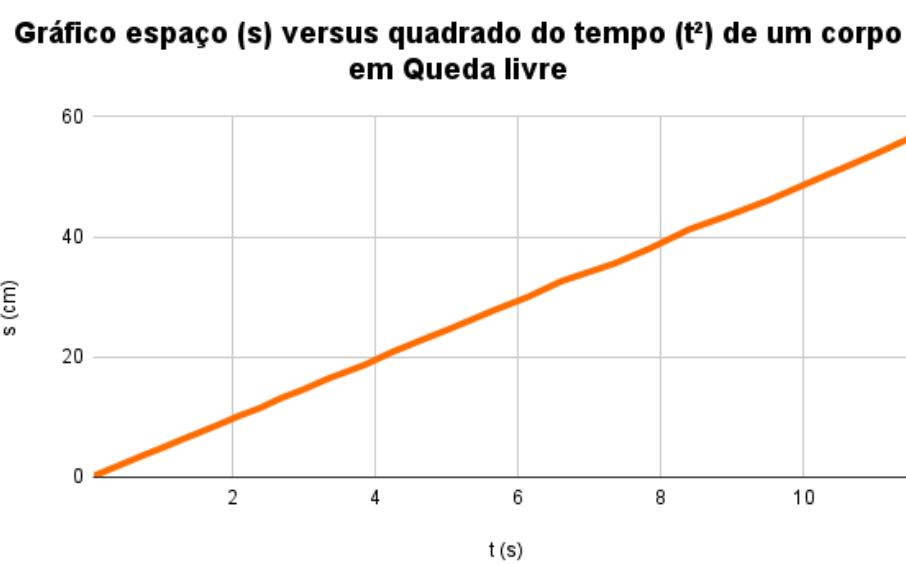
As tabelas de tempos medidos em diferentes alturas mostraram valores compatíveis com o crescimento quadrático do espaço em função do tempo, reforçando a relação $s \propto t^2$. Alguns grupos, ao traçarem o gráfico $s \times t^2$, destacaram que a inclinação se aproximava de uma reta, ainda que com pequenas variações devidas a erros experimentais.

Gráfico 24 - Gráfico do espaço em função do tempo (t) para um corpo em queda livre, mostrando a curva característica de movimento uniformemente variado



Fonte: Autor

Gráfico 25 - Gráfico do espaço em função do quadrado do tempo (t^2) para um corpo em queda livre, evidenciando a relação linear prevista teoricamente



Fonte: Autor

No pós-teste, observou-se melhora significativa na identificação da aceleração da gravidade como constante e na compreensão da proporcionalidade quadrática. Persistiram, entretanto, dificuldades na interpretação quantitativa da inclinação do gráfico $s \times t^2$, já que parte da turma continuou associando-a diretamente a g , e não a $g/2$.

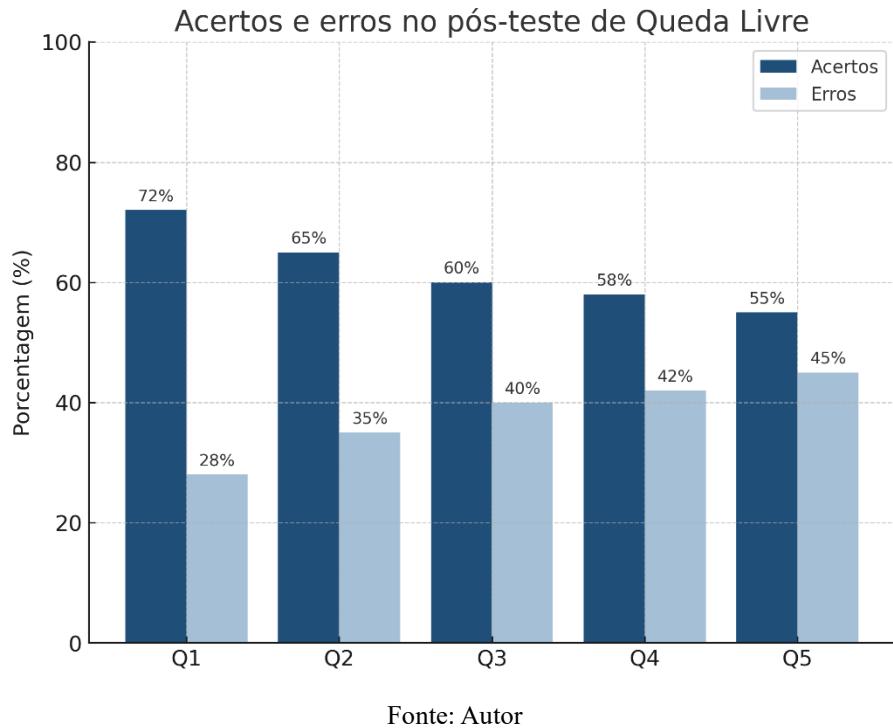
Figura 42 - Perguntas do Pós-Teste de Queda Livre.

	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA Estrada do Pratiú S/N - Caponga - Cascavel - Ceará			NOTA
	Aluno:		Data:	
Série: 1º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física	Professor: Ronal Gomes
PÓS-TESTE				

- QUEDA LIVRE**
- Um objeto cai 0,80 m em 0,40 s, estime g pelo modelo $s = \frac{1}{2} g t^2$:
 A) 8,0 m/s²
 B) 9,0 m/s²
 C) 10,0 m/s²
 D) 12,0 m/s²
 E) 16,0 m/s²
 - Em outra tomada, 1,20 m em 0,50 s, o g (em m/s²) estimado fica em torno de:
 A) 8,0
 B) 9,6
 C) 10,4
 D) 12,0
 E) 14,0
 - No gráfico $v \times t$ com v obtida por diferenças entre marcas próximas, a inclinação representa:
 A) s_0
 B) v_0
 C) g
 D) massa
 E) atrito
 - Duas melhorias simples para reduzir erro de reação em queda:
 A) usar alturas maiores e repetir as medidas
 B) medir só uma vez e trocar a unidade
 C) usar régua mais curta e começar antes
 D) empurrar para acelerar
 E) trocar m por cm
 - O ar começa a influenciar mais quando:
 A) as alturas são muito pequenas
 B) as alturas são grandes e as velocidades crescem
 C) a massa aumenta
 D) o cronômetro é digital
 E) a régua é metálica
 - Se a inclinação do gráfico $s \times t^2$ é 4,9 m/s², o valor estimado de g (em m/s²) é:
 A) 2,45
 B) 4,9
 C) 7,8
 D) 9,8
 E) 19,6

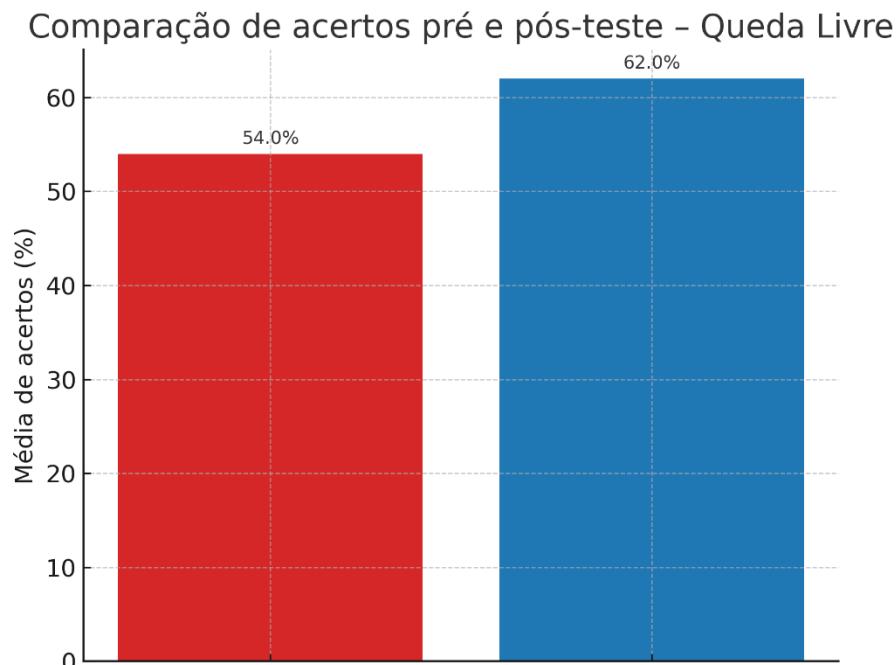
Fonte: Autor

Gráfico 26 - Percentual de acertos do pós-teste de Queda Livre



Fonte: Autor

Gráfico 27 - Comparativo de acertos no pré e pós teste no experimento de Queda livre



Fonte: Autor

De maneira geral, a sequência sobre queda livre foi decisiva para reforçar a independência entre massa e tempo de queda, além de aproximar os estudantes da leitura e análise de gráficos como ferramenta de compreensão física. O cruzamento entre registros

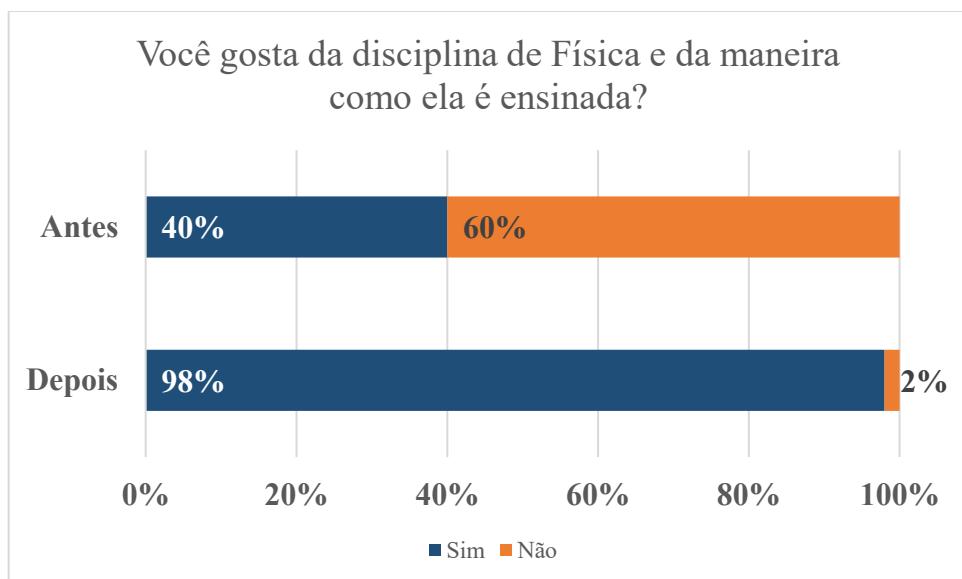
experimentais e reflexões escritas no manual evidencia que a prática contribuiu para transformar concepções espontâneas em conceitos científicos mais estruturados.

7.2.5 Percepções e Impactos da Intervenção

A avaliação global da intervenção revela não apenas o desempenho cognitivo em testes, mas também as percepções dos alunos em relação ao ensino de Física com o uso do PhysiCAR.

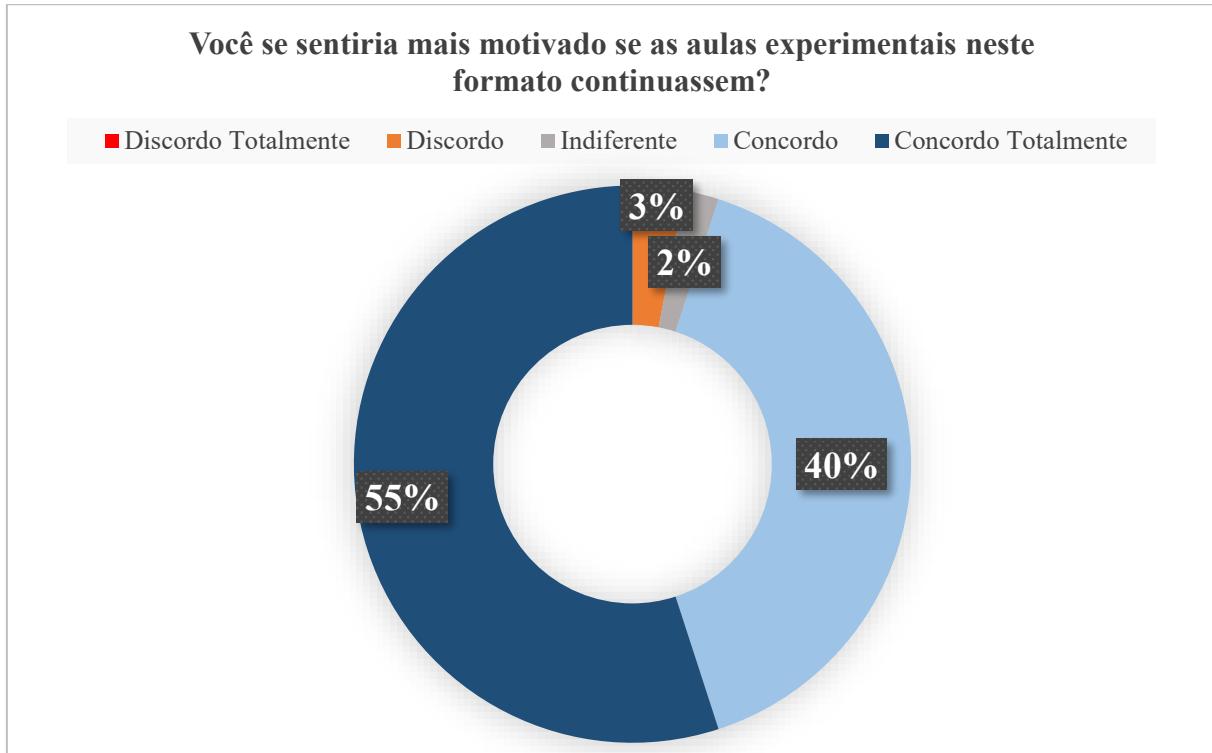
Um primeiro indicador foi a mudança na forma como os estudantes responderam à questão sobre gostar ou não da disciplina. Antes da implementação, as opiniões estavam divididas, enquanto no pós a aceitação cresceu de forma expressiva.

Gráfico 28 - Opiniões dos alunos sobre aulas de Física antes e depois do PhysiCAR



Outro ponto importante diz respeito à motivação. Quando perguntados se se sentiriam mais motivados caso as aulas continuassem naquele formato, a grande maioria respondeu de forma positiva, distribuindo-se entre as opções “Concordo” e “Concordo Totalmente”.

Gráfico 29 - Opiniões dos alunos sobre a manutenção de aulas experimentais com o PhysiCAR



Fonte: Autor

Além dos indicadores quantitativos, foram coletados depoimentos espontâneos dos estudantes. Esses registros ajudam a compreender como os alunos interpretaram a experiência, valorizando aspectos como a possibilidade de manipular equipamentos, visualizar fenômenos antes abstratos e trabalhar em grupo.

Figura 43 - Depoimento dos alunos sobre o PhysiCAR

O que você achou das aulas experimentais utilizando o PhysiCAR?

Com o carrinho deu pra ver na prática como ia velocidade e o tempo estava ligado, ficou mais fácil de entender do que só no quadro.

O que você achou das aulas experimentais utilizando o PhysiCAR?

Tu não gostava muito de física, mas com o PhysiCAR a aula ficou mais interessante pq a gente fazia as medidas e via os resultados de verdade.

O que você achou das aulas experimentais utilizando o PhysiCAR?

Gostei porque foi diferente, mecer no app é no carrinho. Deixou a aula mais pra cima e menos conservadora.

O que você achou das aulas experimentais utilizando o PhysiCAR?

Tu acabei MUITA PORRADA PRAZER UM EXPERIMENTO DE FACULDADE, A GENTE MESMO CONTOLAVA E FAZIA OS DESLAVOS.

O que você achou das aulas experimentais utilizando o PhysiCAR?

Eu gostei. Antes eu só decorava os fórmulas, mas agora eu percebi que o gráfico tem a ver com o que acontece no movimento.

Fonte: Autor

De maneira geral, os resultados apontam que a introdução do PhysiCAR nas aulas de Física não apenas melhorou a compreensão de conceitos específicos, mas também contribuiu

para transformar a percepção da disciplina, tornando-a mais atrativa e significativa para os estudantes.

8 CONCLUSÕES

Já foi discutido ao longo deste trabalho que o uso de atividades experimentais potencializa o processo de ensino-aprendizagem e constitui uma importante aliada à proposta didática do professor. Nesta pesquisa, buscou-se aplicar o produto educacional, PhysiCAR, como ferramenta de apoio às aulas de Física, articulado a uma sequência didática voltada à exploração de conceitos fundamentais de Cinemática, como velocidade média, movimento uniforme, movimento uniformemente variado e queda livre.

A utilização do PhysiCAR, construído com materiais de excelente custo-benefício e apoiado por recursos de programação e automação acessíveis, proporcionou uma experiência inovadora aos estudantes, aproximando a teoria de situações concretas. Esse caráter prático contribuiu para a superação de concepções alternativas, favoreceu a interpretação de gráficos e tabelas e possibilitou maior envolvimento dos alunos com os conteúdos de Física.

A análise dos resultados, obtidos por meio de questionários de pós-teste e registros de prática, revelou uma resposta positiva dos participantes em relação ao uso do PhysiCAR. Os estudantes destacaram a relevância da prática experimental para compreender os fenômenos, além de apontarem o trabalho em grupo e a autonomia conferida pelas atividades como fatores decisivos para a aprendizagem. Essas observações encontram respaldo na perspectiva sociointeracionista de (Vygotsky, A formação social da mente, 1991), que ressalta o papel da interação social na construção do conhecimento, bem como na teoria da aprendizagem significativa de (Ausubel D. , 2000) e nas contribuições de (Moreira M. , 2011), que enfatizam a importância de conectar novos conteúdos a experiências prévias do aluno em contextos relevantes.

O estudo também mostrou que não é necessário utilizar equipamentos sofisticados ou de alto custo para despertar o interesse dos alunos e promover aprendizagem efetiva. A simplicidade do PhysiCAR, somada ao seu potencial de exploração conceitual, demonstrou que recursos acessíveis podem se tornar catalisadores de engajamento e de motivação, tornando a Física menos abstrata e mais próxima da realidade do estudante.

Conclui-se, portanto, que a integração de experimentos práticos, mediados por tecnologias acessíveis e vinculados a uma sequência didática bem planejada, constitui uma abordagem viável e benéfica para o ensino de Física. Essa metodologia não apenas facilita a compreensão dos conceitos abordados, mas também promove maior engajamento e motivação, favorecendo um aprendizado mais significativo e duradouro.

REFERÊNCIAS

ABRAHAMS, I.; MILLAR, R. Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 14, p. 1945-1969, nov. 2008.

ALMEIDA, T. C.; DIAS, E. D. C.; JULIÃO, A. D. S. Um laboratório portátil de baixo custo: medição de g utilizando um pêndulo e a placa Raspberry Pi. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, 34, Agosto 2017. 590-602.

AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.

AUSUBEL, D. P. **The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BIASOTTO, L. C.; FIM, C. F.; KRIPKA, R. M. L. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID PAUL AUSUBEL: uma alternativa didática para a educação matemática. **Brazilian Journal Of Development**, [s.l.], 2020. 83187-83201.

BICALHO, F. D. S. et al. Física Experimental: Uma estratégia de aprendizagem no Ensino Médio do município de Mãe do Rio/PA. **Revista Alagoana de Ensino de Ciências**, v. 04, p. 21-30, 2015.

BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. **Tópicos de Física 3**. 18^a. ed. São Paulo: Saraiva, v. III - Eletricidade, Física moderna, Análise Dimensional, 2012.

BLIKSTEIN, P.; VALENTE, J. A.; MOURA, É. M. D. EDUCAÇÃO MAKER: ONDE ESTÁ O CURRÍCULO? **Revista e-Curriculum**, São Paulo, 26 Junho 2020. 523-544.

BÔAS, N. V.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. **Tópicos de Física 2**. 19^a. ed. São Paulo: Saraiva, v. II - Termologia, Ondulatória, Óptica, 2012.

BORGES, A. T. NOVOS RUMOS PARA O LABORATÓRIO ESCOLAR. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], Dezembro 2002. 291-313.

BRASIL; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais**. 2002. Brasília, 2002.

BRASIL; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular: BNCC**. 2018. Brasília, 2018.

BRITO, J. C. **Uma proposta de ensino pela pesquisa em laboratórios multidisciplinares: A implementação do comitê científico na escola pública e a construção de uma Smart Home usando plataforma Arduino**. 2017. Belém, 2017.

BRUNER, J. **The Process of Education**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1960.

CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica 1**. 1^a. ed. São Paulo: Atual, v. 1 - Mecânica, 2012.

CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica 2**. 1^a. ed. São Paulo: Atual, v. 2 - Termologia, Óptica e Ondas, 2012.

CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica 3**. 1^a. ed. São Paulo: Atual, v. 3 - Eletricidade e Física Moderna, 2012.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], dezembro 2011. 4503-4503.

DARROZ, L. M.; ROSA, C. W. D.; GHIGGI, C. M. Método Tradicional X Aprendizagem Significativa: Investigação na Ação dos Professores de Física. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, [s.l.], 2015. 70-85.

DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Tópicos de Física 1**. 21^a. ed. São Paulo: Saraiva, v. I - Mecânica, 2012.

DRIVER, R. et al. Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. **Educational Researcher**, v. 23, n. 7, p. 5-12, out. 1994.

FARIAS JÚNIOR, J. F. D. V. **O Estudo das Ondas utilizando a Plataforma Arduino como Facilitadora do Processo de Ensino e Aprendizagem por meio de UEPS**. Universidade Federal do Pará. Belém, p. 144. 2020. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física).

FERNANDES, M. B.; HARTMANN, Â. M.; DORNELES, P. F. T. A Física no Ensino Médio integrado: uma sequência didática sobre eletricidade com aplicação do Arduino. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, v. 1, n. 2, 2014. ISSN 2358-0089.

FERREIRA, M. et al. Referenciais teórico-metodológicos na pesquisa em ensino de física entre 2001 e 2023: metalinguagens e relações saber-poder-subjetividade. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 35, n. 2, p. 117-132, dez. 2023. ISSN 2250-6101, 0326-7091.

FREEMAN, S. et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, p. 8410-8415, 2014.

GANZERT, D. G.; STIER, P. H. **Uso de Tecnologias no Ensino da Física**. 2022. Curitiba, 2022.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de física:** uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. 1^a. ed. São Paulo: LF Editorial, 2014.

GODINHO, G. M. **O uso de tecnologias no ensino de Física.** 2021. Santa Maria do Suaçui, 2021.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, 1998. 64-74.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física.** 10^a. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. I - Mecânica, 2016.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física.** 10^a. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. III - Eletromagnetismo, 2016.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. D. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. **Educar em Revista**, jun. 2012. 75-92.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, p. 28-54, jan. 2004.

HOLMES, N. G. **Developing Quantitative Critical Thinking in the Introductory Physics Lab.** 2015 Physics Education Research Conference Proceedings. [S.l.]: [s.n.]. 2015. p. 14-17.

LEITE, A. C. S.; SILVA, P. A. B.; VAZ, A. C. R. A importância das aulas práticas para alunos jovens e adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, set-dez 2005. 166-181.

MARTIN, L. The Promise of the Maker Movement for Education. **Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)**, v. 5, n. 1, 2015.

MARTINI, G. et al. **Conexões com a Física 1.** 2^a. ed. São Paulo: Moderna, v. I - Mecânica, 2013.

MATOS, D. H. L. **A Terra não é plana.** Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 128. 2021. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física).

MATOS, M. T. D. **Robótica Educacional no Ensino de Física – Construção e aplicação de carrinhos de controle remoto para abordagem do conteúdo de dinâmica – Forças e as Leis de Newton.** Universidade Federal de Santa Catarina. Araranguá, p. 243. 2021. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física).

MAZUR, E. **Peer Instruction:** A User's Manual. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997.

MILLAR, R. **The role of practical work in the teaching and learning of science.** Washington, DC: High School Science Laboratories: Role and Vision National Academy of Sciences, 2004.

MONTEIRO, J. A. et al. Arduino no Ensino de Física: uma Revisão Sistemática de Literatura de 2011 a 2021. **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, [s.l.], 04 agosto 2022.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa a teoria e textos complementares.** 1^a. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, [s.l.], 2011. 25-46.

MOREIRA, M. P. C. et al. Contribuições do Arduíno no Ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], 18 dezembro 2018. 721-745.

MOURÃO, O. D. S. **Uso da Plataforma Arduino como uma Ferramenta Motivacional para a Aprendizagem de Física.** 2018. Sobral, 2018.

NASCIMENTO, T. L. D. **Repensando o Ensino da Física no Ensino Médio.** 2010. Fortaleza, 2010.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **How People Learn II: Learners, Contexts, and Cultures.** Washington, DC: National Academies Press, 2018.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School.** Washington, DC: National Academies Press, 2000.

NETO, M. J. S. **Ensino De Física Experimental com uso da Modelagem Matemática.** 1^a. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning How to Learn.** Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 1.** 4^a. ed. São Paulo: Edgard Blucher, v. I - Mecânica, 2002.

OLIVEIRA, M. M. L. D. **O papel da experimentação no ensino pela pesquisa em Física.** 2010. Porto Alegre, 2010.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da

formação inicial de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], agosto 2001. 135-151.

PAPERT, S. **Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas**. New York: Basic Books, 1980.

PERUZZO, J. **A física através de experimentos**. [S.l.]: Jucimar Peruzzo, 2012.

PIAGET, J. **The Origins of Intelligence in Children**. New York: International Universities Press, 1952.

PIAGET, J. **The Construction Of Reality In The Child**. London: Routledge, 2013.

RESNICK, M. **Lifelong kindergarten: cultivating creativity through projects, passion, peers, and play**. Cambridge, MA: MIT Press, 2017.

ROCHA, P. S. **Uma abordagem maker para o ensino de circuitos elétricos**. 2024. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

SAMPAIO, L. I. D. S. **Desenvolvimento e aplicação de experimento de transformação gasosa utilizando o App TERMODUINO**. 2018. Sobral, 2018.

SANTOS, A. M. D. et al. Ensino de Física: possibilidades e perspectivas associadas ao uso de tecnologias digitais e experimentação. **Revista do Professor de Física**, [s.l.], 14 setembro 2022. 1-9.

SÉRÉ, M.-G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no Ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], abril 2003. 30-42.

SILVA, J. S. D. et al. Tecnologias Digitais aplicadas ao Ensino de Física: Sequência Didática mediada pelo Software Modellus. **Vitruvian Cogitationes**, [s.l.], 21 dezembro 2023. 23-38.

SILVEIRA, S. **Desenvolvimento de um Kit Experimental com Arduino para o Ensino de Física Moderna no Ensino Médio**. Universidade Federal de Santa Catarina. Araranguá, p. 275. 2016. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física).

SOUZA, A. R. D. S. et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], março 2011. 01-05.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in society: the development of higher psychological processes**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

VYGOTSKY, L. S. **Thought and Language**. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** 4^a. ed. São Paulo: Livraria Martins FontesEditora Ltda, 1991.

WIEMAN, C.; PERKINS, K. Transforming Physics Education. **Physics Today**, [S.l.], 01 nov. 2005. 36-41.

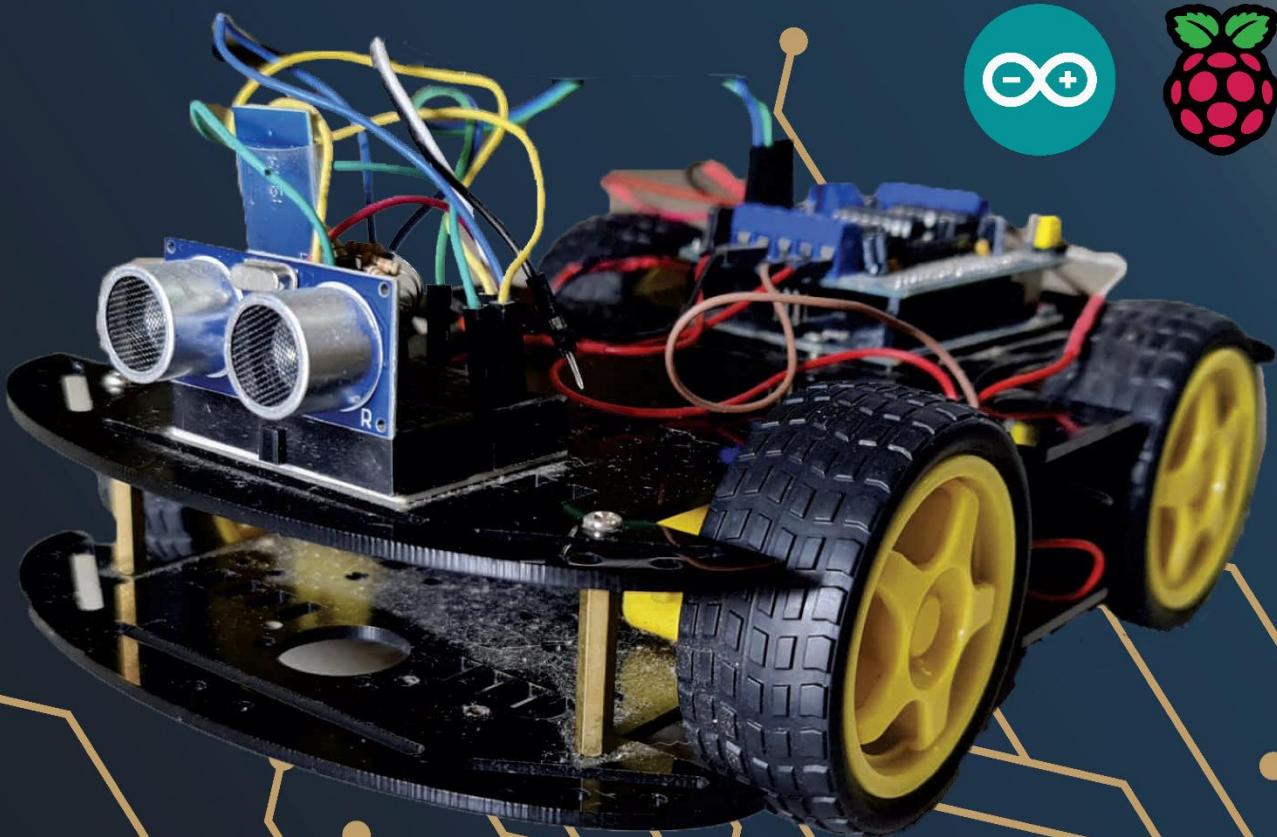
YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física III.** 14^a. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, v. III - Eletromagnetismo, 2015.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física I.** 14^a. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, v. I - Mecânica, 2016.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

PHYSICAR

UTILIZAÇÃO DO ARDUINO E RASPBERRY PI
COMO FERRAMENTAS EM AULAS DE
FÍSICA EXPERIMENTAL



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

RONALT GOMES DA SILVA
MARCOS ANTÔNIO ARAUJO SILVA

PREFÁCIO

Nos últimos tempos, notamos que os estudantes perdem o estímulo em sala, ficando apenas “presentes fisicamente” durante a aula. Para as provas, alguns ou decoram, ou colam, buscando fugir de uma eventual reprovação de ano. Sendo a menor preocupação destes o aprendizado em si. Com isso, os professores perdem pouco a pouco a alegria de ensinar, tornando a docência monótona e estressante para todos os envolvidos. Mas onde está o ensino? Porque copiar teoremas e resolver exercícios no quadro-negro sem que os alunos de fato se interessem pelo que está sendo passado?

Tendo isso em mente, decidimos contribuir com o processo ensino-aprendizagem escrevendo um manual com alguns experimentos e utilizando as novas tecnologias ligadas ao Ensino de Física. Tal material apresenta uma sequência didática com a descrição da montagem de um Robô móvel, controlável via smartphone. Adjacente a algumas sugestões de prática para que os alunos construam, experimentem, compreendam e despertem assim o interesse pelas ciências, em especial pela Física.

O principal objetivo deste produto educacional é motivar os alunos ao mesmo tempo, em que incentiva os professores de Física a realizar mais experimentações em sala de aula. Nas etapas iniciais desse procedimento, pesquisamos sites, artigos e livros que revelavam experimentos relacionados ao nosso tema de trabalho escolhido: a mecânica clássica. O formato deste manual leva em consideração observações, dificuldades e recomendações que surgem na aplicação de produtos educacionais. É um conjunto de protocolos experimentais ajustados, testados e descritos. Destinado a apresentar os detalhes dos procedimentos experimentais e os conceitos físicos envolvidos na explicação dos fenômenos em linguagem clara e comprehensível.

Bons professores têm como objetivo ensinar, e não apenas “dar aula”. Isso significa que após cada tempo pedagógico seus alunos estejam sedentos por mais, instigados, curiosos, satisfeitos por compreender, de fato, a Física, os fenômenos e conceitos a ela lidos. E quando aliarmos teoria e prática por meio de experimentos relacionados à disciplina, a sala de aula se torna mais prazerosa, dinâmica e produtiva. Pois, percebemos que alunos de uma escola contemporânea necessitam se conectar aos conteúdos programáticos e as novas tecnologias. Além disso, a grande maioria das turmas gosta de movimentos experimentais associados às lições teóricas.

Por que escolhemos a mecânica? Decidimos por ser uma disciplina obrigatória no primeiro ano do Ensino Médio, onde em sua maioria os discentes têm pouco ou nenhum contato com a Física de fato. Conquistar este público desde o princípio pode ser uma chave para que eles não criem bloqueios à disciplina, ou como eles mesmos dizem, “para não pegar ranço”. Por último, mas não menos relevante, outro objetivo é familiarizar a comunidade escolar com placas de prototipagem e linguagem de programação. Que está presente nos dispositivos elétricos e eletrônicos, como telefones celulares, computadores, rádios e televisores, que compõe boa parte do cotidiano desses estudantes.

Muito bem, mãos à obra!

1 MATERIAL UTILIZADO

A utilização do Raspberry e do Arduino, assim como de seus periféricos, podem variar de acordo com a pretensão de cada professor e/ou determinado pelo experimento que este decida realizar. Porém, a fim de otimizarmos este manual utilizaremos um Kit padrão do Arduino CAR 4WD e faremos a programação de placas e sensores através do Raspberry Pi 4.

Os materiais utilizados serão:

- Placa Raspberry Pi 4;
- Cartão de memória Micro SD 16GB;
- Adaptador Micro SD para USB;
- Cabo Micro HDMI para HDMI;
- Fonte de Alimentação 5V~1,0A;
- Arduino UNO R3;
- Shield Ponte H Motor L293D;
- Chassi em acrílico;
- Cabo USB;
- Módulo Bluetooth HC-06;
- Jogo de Jumpers Macho x Fêmea 20cm (cores variadas);
- Jogo Resistores (diversos);
- Quatro Motores DC (3~6v);
- Quatro Rodas de Borracha;
- Suporte para 4 Pilhas;
- Quatro Pilhas AA;
- Jogo de Parafusos e porcas;
- Conector para bateria de 9V;
- Bateria 9V;
- Prontoboard pequena;
- Abraçadeiras de Nylon;
- Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04;
- Ferro de Solda 60W;
- Estanho para solda.

2.1 RASPBERRY PI 4

Para instalarmos um Sistema Operacional (SO) no Raspberry Pi é preciso ir a página oficial do fabricante ([raspberrypi.org](https://www.raspberrypi.org)) e na seção software, baixar o *Raspberry Pi Imager* (Figura 2), que é um programa que permite a instalação de diversos SO para nosso microcomputador, como por exemplo, o *Raspbian* que é baseado em Debian e é o padrão do dispositivo. Outras opções de instalação direta são o Ubuntu, sistema *open source* amplamente conhecido, ou o RetroPie e Recalbox que são voltados para um uso gamer, além de possibilitar a instalação de qualquer arquivo de imagem desenvolvido para sua arquitetura.

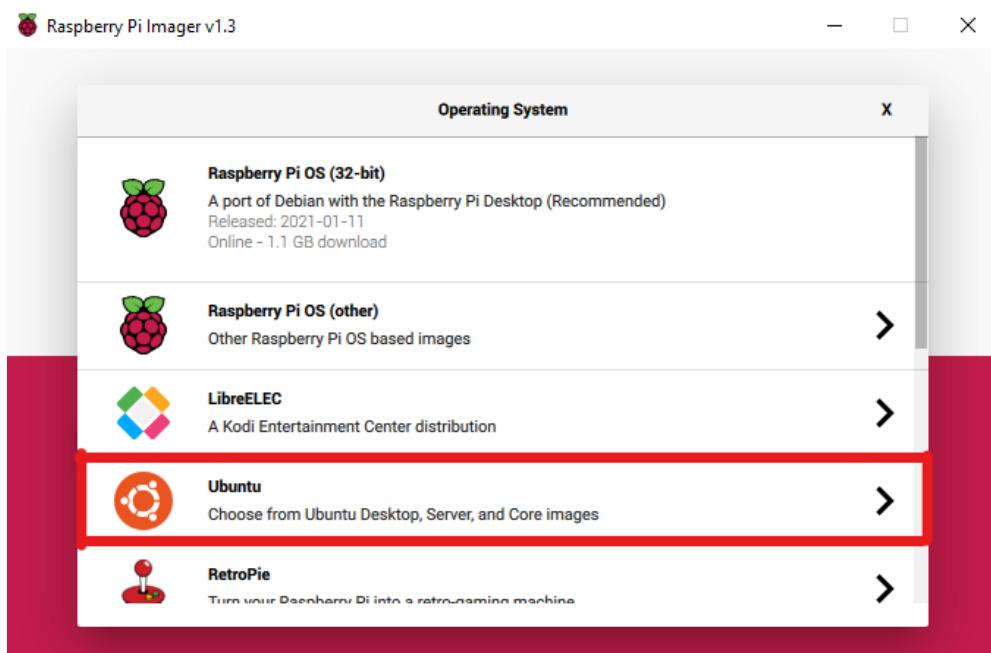
Figura 44 - Instalador do Sistema Operacional (SO)



Fonte: Autor

Em nosso trabalho, escolhemos o Ubuntu por maior familiaridade e pelo mesmo oferecer de forma nativa uma série de programas e pacotes que possibilitam um uso doméstico e educacional desde sua instalação, como o Libre Office, que é uma poderosa suíte de produtividade com planilha, editor de texto, editor de apresentação e muito mais. Para tal, clicamos em CHOOSE OS, e escolhemos a opção UBUNTU (Figura 2) e em seguida, marcamos a versão do sistema que pretendemos instalar.

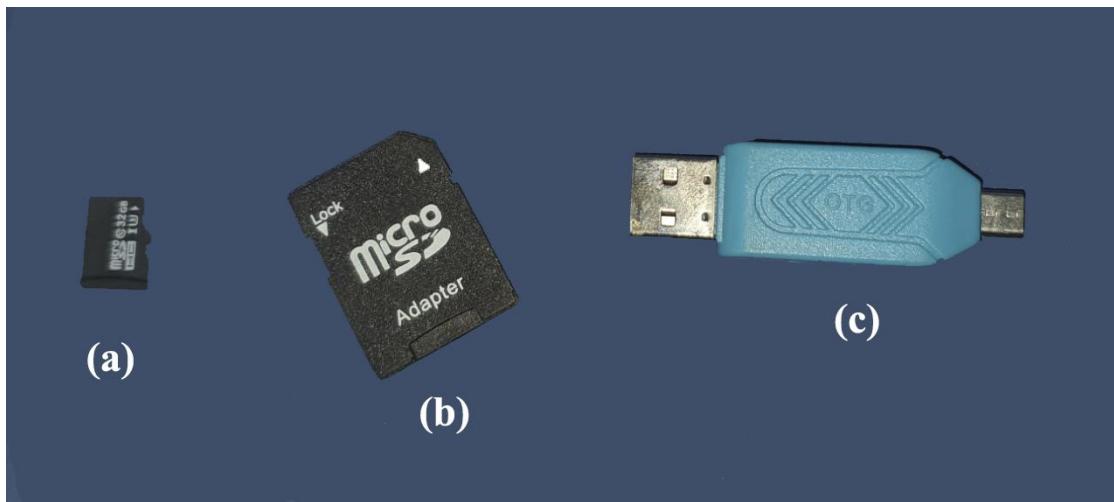
Figura 45 - Escolha do SO



Fonte: Autor

Após a escolha do sistema, precisamos transferi-lo para um cartão micro SD, de no mínimo 8GB previamente formatado. Esse tipo de cartão, geralmente, acompanha um adaptador SD ou USB (Figura 3) que possibilita ligar o mesmo a qualquer computador.

Figura 46 - Cartão Micro SD (a) acompanhado dos adaptadores SD (b) e USB (c).



Fonte: Autor

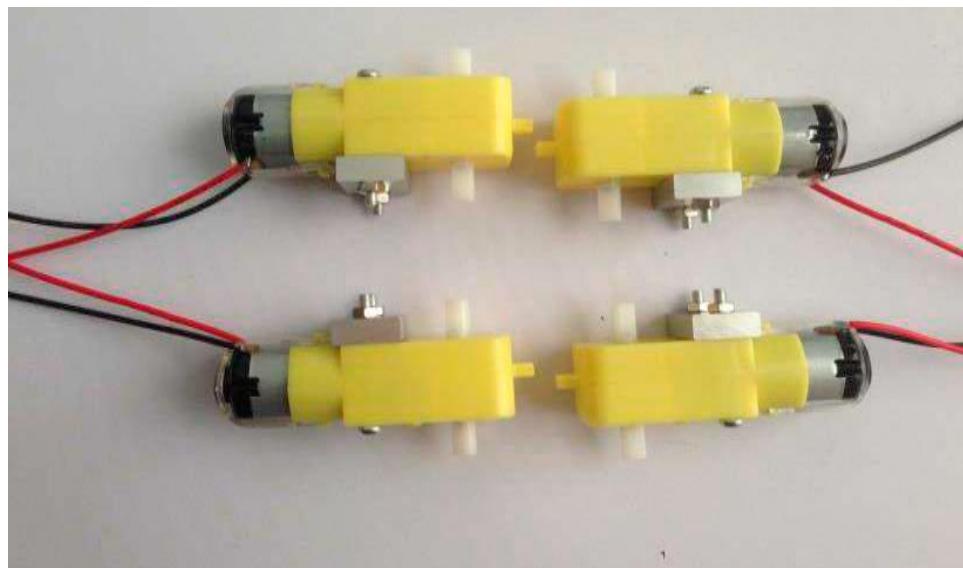
Após iniciarmos o processo, clicando no botão WRITE dentro da ferramenta, a instalação completa levou em torno de trinta minutos, mas pode variar para mais ou para menos, dependendo do computador utilizado e da sua conexão de internet. Ao finalizar, basta introduzir o cartão no Raspberry Pi conectando juntamente mouse, teclado e os cabos de vídeo (HDMI) e fonte de alimentação.

2.2 ARDUINO UNO (HARDWARE)

2.2.1. Faça a soldagem dos fios (jumpers) nos conectores dos motores. Lembre-se de usar cores distintas para identificar a polaridade posteriormente.

2.2.2. Atravesse os motores com os respectivos parafusos que acompanham o Kit e prenda o suporte com o auxílio das porcas como mostra a Figura 47.

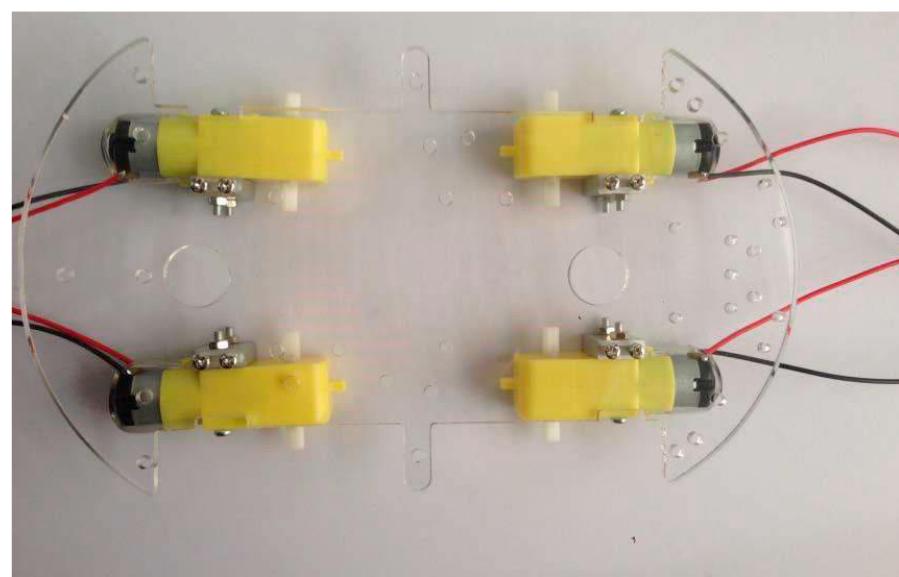
Figura 47 – Motores com os fios e suportes instalados.



Fonte: Manual de instruções Kit de robô 4WD.

2.2.3. Encaixe os motores no chassi, prendendo-os com os respectivos parafusos.

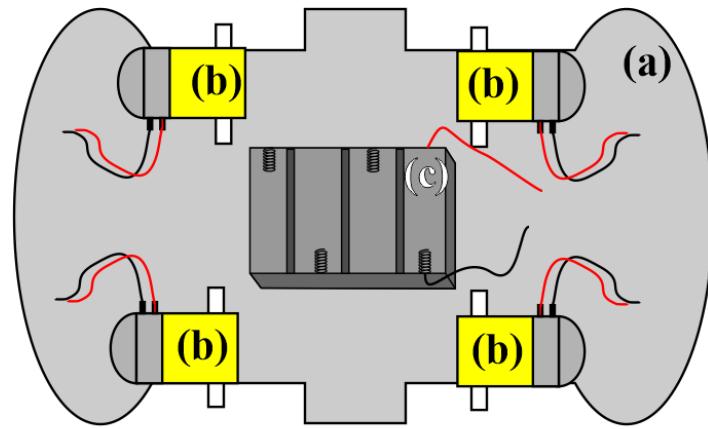
Figura 48 – Motores presos ao Chassi.



Fonte: Manual de instruções Kit de robô 4WD.

2.2.4. Na parte central do chassi inferior, entre os motores, prenda o suporte de pilhas.

Figura 49 – Esquema de montagem dos motores e suporte de pilhas.



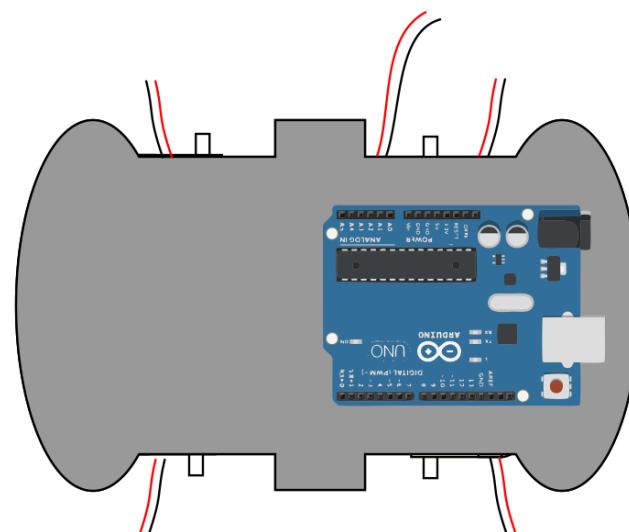
- (a) Chassi inferior
- (b) Motores
- (c) Suporte de pilhas

Fonte: Autor

2.2.5. Adicione as quatro pilhas AA e fixe o chassi superior utilizando os parafusos apropriados. Lembre-se de passar todos os fios dos motores e do suporte de pilhas para a parte superior do Chassi.

2.2.6. Prenda a placa do Arduíno no Chassi superior.

Figura 50 – Placa Arduino preso ao Chassi superior do PhysiCAR.

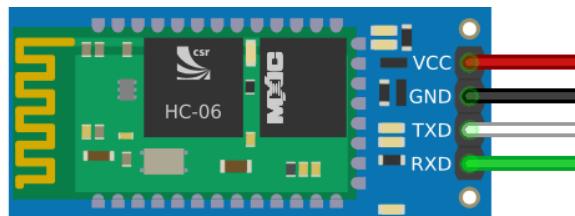


Fonte: Autor

2.2.7. Encaixe a Shield Ponte H Motor L293D no Arduíno.

2.2.8. Agora faremos as conexões do Sensor Ultrassônico e do Módulo Bluetooth na placa de prototipagem.

Figura 51 – Modulo Bluetooth HC-06.



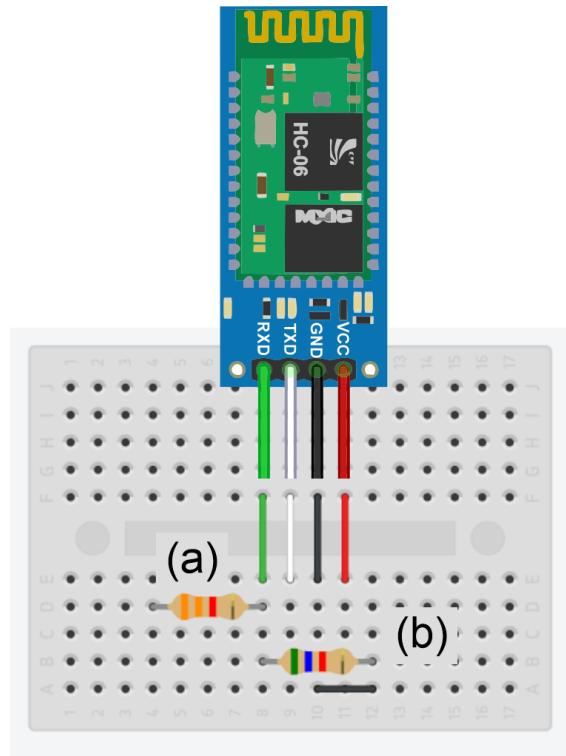
Fonte: Fritzing.com

O módulo Bluetooth, mostrado na Figura acima, possui quatro conexões:

- VCC – Entrada de alimentação de energia +5V;
- GND – Retorno de alimentação (fio terra);
- TXD – Envia dados do módulo para a placa;
- RXD – Recebe dados da placa;

Lembrando que os Pinos RX/TX devem ser alternados entre módulo e placa, ou seja, o TX do HC-06 será ligado em um pino que funcionará como RX do Arduino e vice-versa. Outra informação importante é que os pinos de comunicação RX/TX do Bluetooth funcionam sob tensão de +3,3V, enquanto a placa fornece uma tensão constante de 5V em seus conectores. Logo, para o bom funcionamento desse módulo utilizaremos a ligação desta com uma associação de resistores, como ilustrado na figura abaixo.

Figura 52 – Ligação do Módulo HC-06 em uma protoboard.



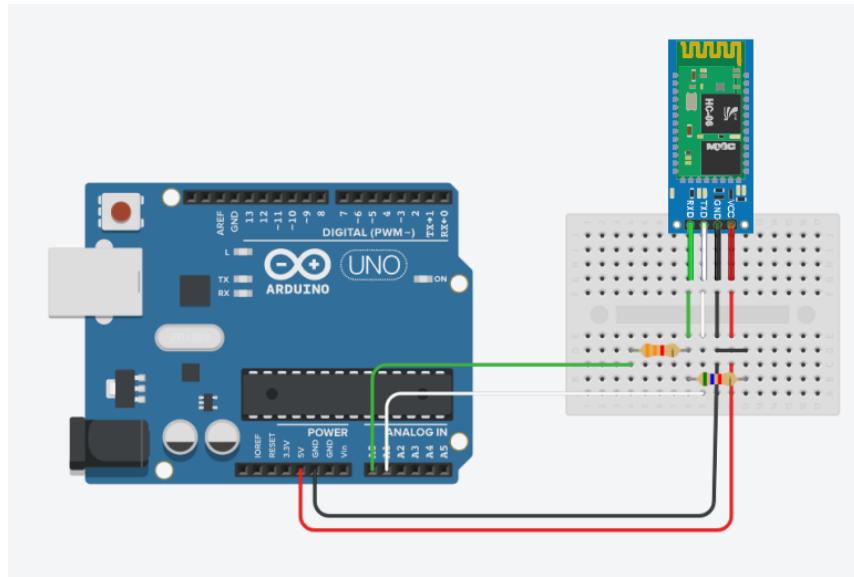
(a) - Resistor de 3,3kΩ;

(b) - Resistor de 5,6kΩ.

Fonte: Autor.

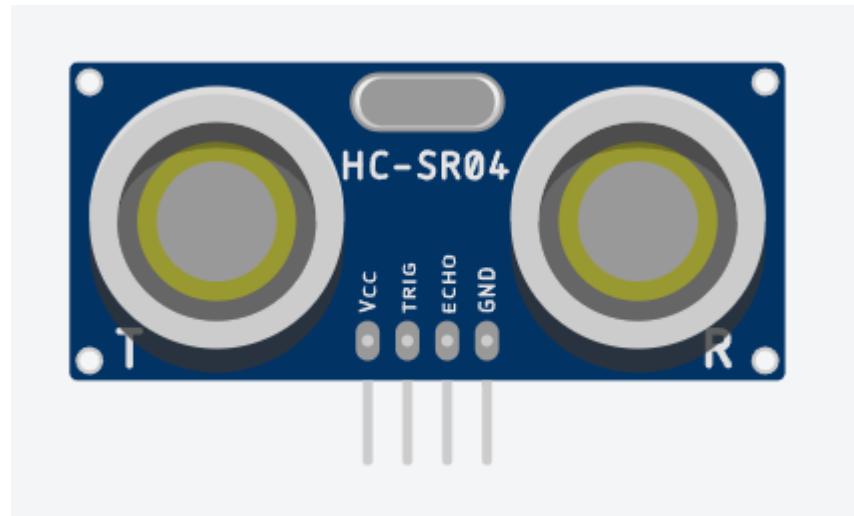
2.2.9. Seguindo o esquema mostrado acima, ligaremos o Fio Vermelho (VCC) ao pino +5V. O fio preto (GND) deverá ser plugado também ao GND do Arduino. E os fios verde e branco (RX/TX) poderão ser ligados a quaisquer portas digitais ou analógicas da Placa. Utilizaremos as entradas A0 ao fio verde (RXD) e o A1 ao fio branco (TXD).

Figura 53 – Arranjo de ligação do Módulo Bluetooth HC-06 ao Arduino.



Fonte: Autor

Figura 54 – Módulo ultrassônico.



Fonte: Autor

O módulo ultrassônico HC-SR04, ilustrado na figura acima, funciona como um sonar. Emitindo oito ciclos a uma frequência de 40 kHz que eventualmente pode ser refletido por algum obstáculo e este detecta se há um pulso de retorno. Por meio deste princípio, o componente é capaz de identificar barreiras e calcular distâncias com uma precisão fantástica.

O HC-SR04 também possui quatro conexões, sendo essas:

- VCC – Alimentação de +5V;
- TRIG – Entrada de Pulso;
- ECHO – Saída de pulso;
- GND – Terminal Terra;

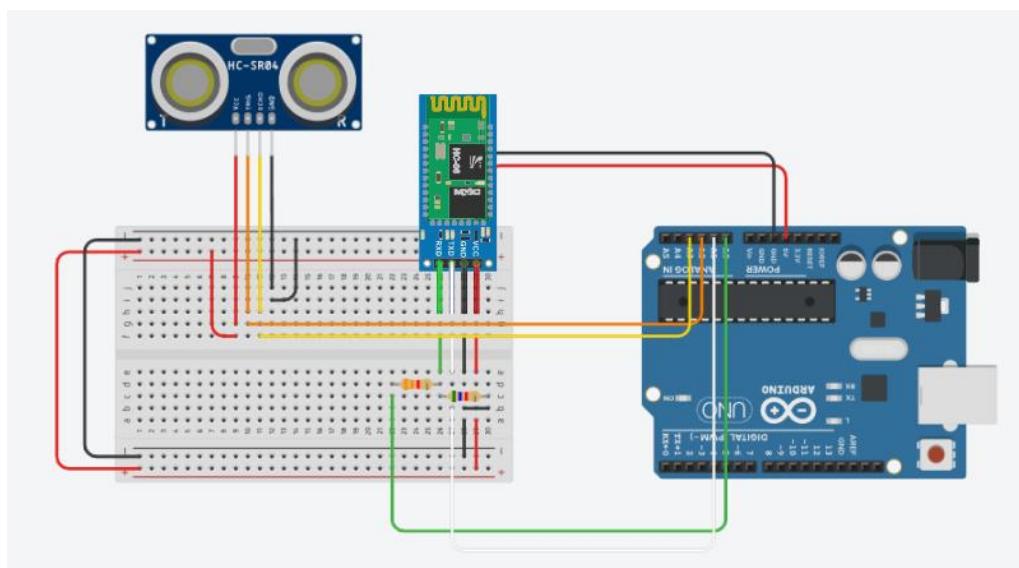
2.2.10. Conecte os jumpers aos pinos do ultrassom, seguindo o padrão de cores:

Vermelho (+5V), preto (GND) e mais duas cores distintas para o TRIG e ECHO.

2.2.11. Plug o fio vermelho (VCC) a qualquer saída +5V, assim como o fio preto (GND) em qualquer conexão com a mesma função.

2.2.12. Ligue o fio TRIG a porta A2 do Arduino e o fio ECHO A3, como mostra a figura abaixo.

Figura 55 – Estrutura de ligação dos módulos ao Arduino Uno.



Fonte: Autor.

2.2.13. Conecte os motores aos respectivos locais na Shield.

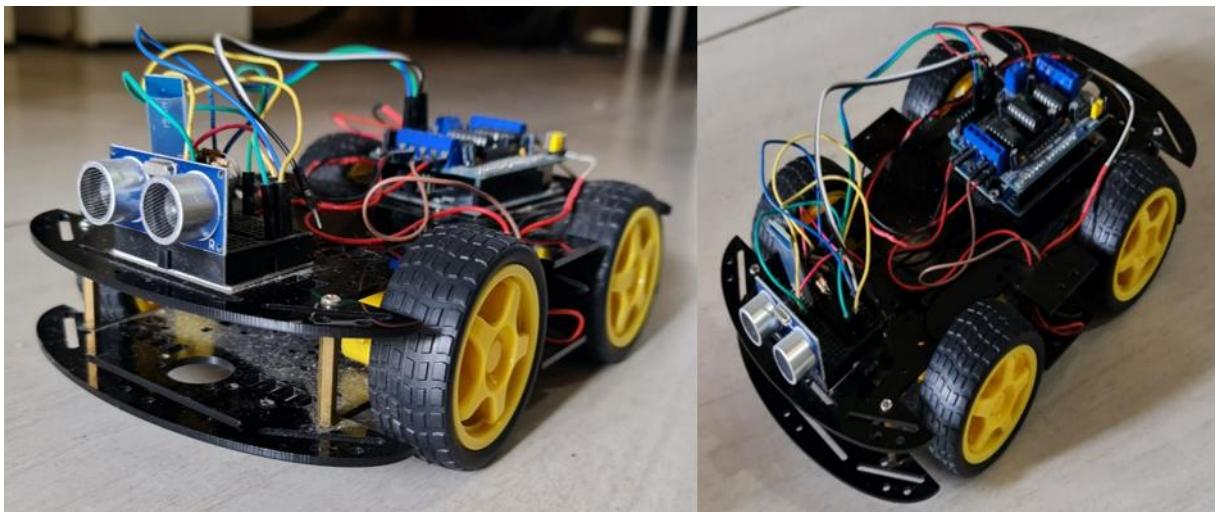
2.2.14. O suporte de pilhas deve ser ligado nas conexões EXT_PWR do L293D. Sendo o fio vermelho (positivo) inserido na entrada +M e o fio preto (negativo) na porta GND do mesmo setor.

2.2.15. Prenda a protoboard, juntamente com os módulos e sensores montados anteriormente, ao chassi do veículo.

2.2.16. Agregue uma bateria de 9V ao projeto, deixando-a pronta para alimentar diretamente o Arduino.

2.2.17. Insira os pneus, prendendo-os no local apropriado em cada um dos motores.

Figura 56 – PhysiCAR montado.



Fonte: Autor.

2.3 ARDUINO UNO (SOFTWARE)

2.3.1. Instale o software do Arduino IDE no computador em que fará a programação da placa.

2.3.1.1. No Windows, faça o download através do site oficial da companhia pelo link: <https://downloads.arduino.cc/arduino-1.8.19-windows.exe>. E execute o arquivo.

2.3.1.2. No Linux, o arquivo deve ser baixado de acordo com o sistema utilizado (64 bits, 32 bits, ARM 32 bits ou ARM 64 bits), pelo link: <https://www.arduino.cc/en/software>. Caso deseje instalar o programa via terminal no Linux, siga os passos abaixo, ou passe diretamente para a seção 2.3.2.

2.3.1.2.1. Abra o terminal do sistema.

2.3.1.2.2. Confira se o seu sistema é de 32 bits ou 64 bits, para isso, use o seguinte comando no terminal:

```
uname -m
```

2.3.1.2.3. Se seu sistema é de 32 bits, use o comando abaixo para baixar o programa. Se o link estiver desatualizado, acesse essa página, baixe a última versão e salve-o com o nome programa.tar.xz:

```
wget https://downloads.arduino.cc/arduino-1.8.16-linux32.tar.xz  
-O arduino-version.tar.xz
```

2.3.1.2.4. Se seu sistema é de 64 bits, use o comando abaixo para baixar o programa. Se o link estiver desatualizado, acesse essa página, baixe a última versão e salve-o com o nome programa.tar.xz:

```
wget https://downloads.arduino.cc/arduino-1.8.16-linux64.tar.xz  
-O arduino-version.tar.xz
```

2.3.1.2.5. Se seu sistema utiliza processador ARM, use o comando abaixo para baixar o programa. Se o link estiver desatualizado, acesse essa página, baixe a última versão e salve-o com o nome programa.tar.xz:

```
wget https://downloads.arduino.cc/arduino-1.8.16-  
linuxarm.tar.xz -O arduino-version.tar.xz
```

Ou:

```
wget https://downloads.arduino.cc/arduino-1.8.16-  
linuxaarch64.tar.xz -O arduino-version.tar.xz
```

2.3.1.2.6. Use o comando a seguir para descompactar o arquivo baixado;

```
tar xf arduino-version.tar.xz
```

2.3.1.2.7. Acesse a pasta criada com o comando abaixo;

```
cd arduino-version
```

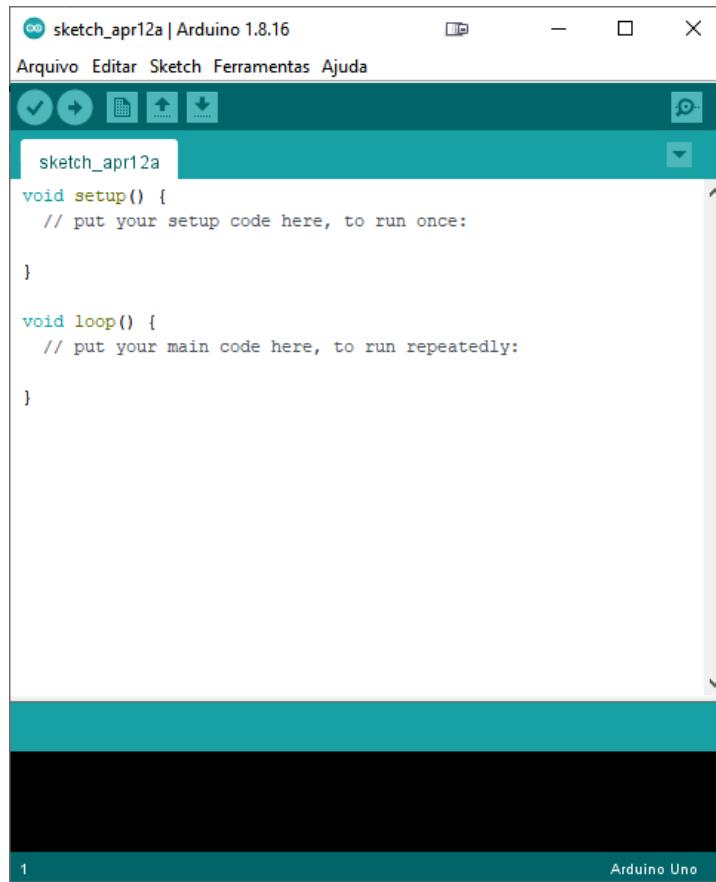
2.3.1.2.8. Use o comando abaixo para iniciar a instalação do Arduino IDE;

```
./install.sh
```

2.3.1.2.9. Ao final, teremos o Arduino IDE pronto para rodar a partir do ícone que será aberto gerado no menu de aplicativos instalados.

2.3.2. Abra o Arduino IDE;

Figura 57 – Tela inicial do Software Arduino IDE.



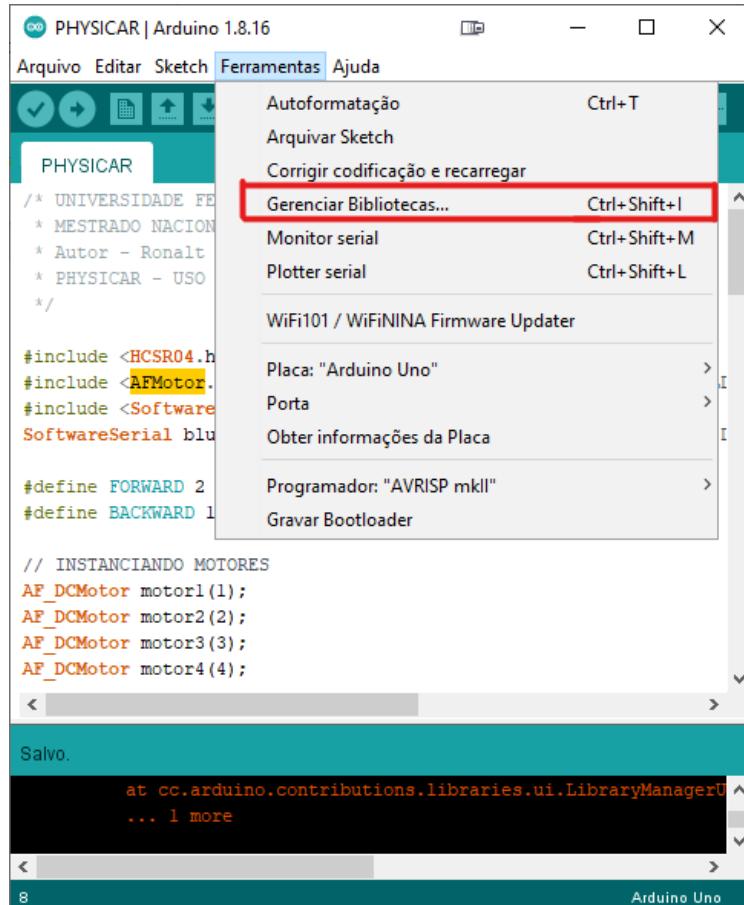
Fonte: Autor.

2.3.3. Para o bom funcionamento do PhysiCAR são necessárias a inclusão de duas novas bibliotecas no Arduino IDE. São elas:

- HCSR04 – Responsável por reconhecer e executar comandos via sensor ultrassônico
- AFMotor – Realiza os comandos na ponte H (Shield Motor).

2.3.4. Para incluir uma nova biblioteca, clique em FERRAMENTAS e em seguida GERENCIAR BIBLIOTECAS.

Figura 58 – Inclusão de bibliotecas no Arduino IDE.



Fonte: Autor.

2.3.5. Com o gerenciador ativo, pesquise pelo nome da biblioteca que deseja ou pelo nome do componente que deseja trabalhar. Em nosso caso, pesquise por: **HCSR04 ultrasonic sensor** e depois por **AFMotor**.

2.3.6. Ao encontrar a biblioteca desejada, clique em INSTALAR e aguarde o término do processo.

2.3.7. Após adicionar as novas bibliotecas, adicione o código descrito abaixo, usando os comandos de copiar e colar:

```
/* UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
 * MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
 * Autor - Ronalt Gomes
 * PHYSICAR - USO DO ARDUINO EM FÍSICA EXPERIMENTAL
 */

#include <HCSR04.h>           // INCLUI BIBLIOTECA HCSR04
```

```

#include <AFMotor.h>           // INCLUI A BIBLIOTECA DA MOTOR SHIELD
#include <SoftwareSerial.h> // INCLUI SERIAL DO BLUETOOTH
SoftwareSerial bluetooth(A1, A0 ); // RX(TX DO MÓDULO BT), TX(RX DO MÓDULO BT)

#define FORWARD 2 //VALOR DA BIBLIOTECA 1
#define BACKWARD 1 //VALOR DA BIBLIOTECA 2

// INSTANCIANDO MOTORES
AF_DCMotor motor1(1);
AF_DCMotor motor2(2);
AF_DCMotor motor3(3);
AF_DCMotor motor4(4);

// INSTANCIANDO SENSOR ULTRASONICO
HCSR04 sensorDistancia( A2, A3 ); //PINO TRIGGER, PINO ECHO

// VARIÁVEL PARA RECEBER COMANDO DO BLUETOOTH
char comando = 0 ;
// VARIÁVEL PARA ARMAZENAR DISTANCIA MEDIDA NO SENSOR
float distancia;

void setup() {
    bluetooth.begin(9600); //INICIA COMUNICAÇÃO SERIAL DO BLUETOOTH
    //Serial.begin(9600); //INICIA SERIAL MONITOR

    // VELOCIDADE DOS MOTORES
    motor1.setSpeed(180); // 255 VELOCIDADE MAXIMA
    motor2.setSpeed(180); // 255 VELOCIDADE MAXIMA
    motor3.setSpeed(180); // 255 VELOCIDADE MAXIMA
    motor4.setSpeed(180); // 255 VELOCIDADE MAXIMA

    // MOTORES INICIAM PARADOS
    motor1.run(RELEASE);
    motor2.run(RELEASE);
    motor3.run(RELEASE);
    motor4.run(RELEASE);

}

void loop() {
    //ENQUANTO O BLUETOOTH ESTIVER ATIVO EXECUTA O BLOCO
    while (bluetooth.available()) {
        comando = bluetooth.read(); // ARMAZENA NA VARIÁVEL
        //COMANDO A LEITURA DO BLUETOOTH
        distancia = sensorDistancia.dist();
        // Serial.print("Comando: ");
        // Serial.println(comando); // IMPRIME O COMANDO NO
        // SERIAL MONITOR
        // Serial.print("Distancia: ");
        // Serial.println(distancia); // IMPRIME A DISTANCIA NO
        // SERIAL MONITOR
        if(comando == 'F' && distancia >= 20) { //MOVIMENTO PARA
        //FRENTE (F DE FOWARD) SE A DISTANCIA FOR MAIOR QUE 20cm
            moverFrente();
        }
        else if (comando == 'B') { // MOVIMENTO PARA TRAS
        // DE BACKWARD)
            moverTras();
        }
    }
}

```

```

        }
        else if (comando == 'L') { // MOVIMENTO PARA ESQUERDA (L
DE LEFT)
            moverEsquerda();
        }
        else if (comando == 'R') { // MOVIMENTO PARA DIREITA (R
DE RIGHT)
            moverDireita();
        } else { // CASO RECEBA 'S' OU ALGUMA COISA NÃO ESPERADA
MANTÉM PARADO
            ficarParado();
        }
    }

void moverFrente() {
    motor1.run(FORWARD);
    motor2.run(FORWARD);
    motor3.run(FORWARD);
    motor4.run(FORWARD);
}
void moverTras() {
    motor1.run(BACKWARD);
    motor2.run(BACKWARD);
    motor3.run(BACKWARD);
    motor4.run(BACKWARD);
}
void moverDireita() {
    motor3.run(FORWARD);
    motor2.run(FORWARD);
    motor1.run(RELEASE);
    motor4.run(RELEASE);
}
void moverEsquerda() {
    motor3.run(RELEASE);
    motor2.run(RELEASE);
    motor1.run(FORWARD);
    motor4.run(FORWARD);
}
void ficarParado() {
    motor1.run(RELEASE);
    motor2.run(RELEASE);
    motor3.run(RELEASE);
    motor4.run(RELEASE);
}
}

```

Figura 59 – Arduino IDE com o código do programa de funcionamento do PHYSICAR.

```

PHYSICAR | Arduino 1.8.16
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
PHYSICAR
/*
 * UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
 * MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
 * Autor - Ronalt Gomes
 * PHYSICAR - USO DO ARDUINO EM FÍSICA EXPERIMENTAL
 */

#include <HCSR04.h>           // INCLUI BIBLIOTECA HCSR04
#include <AFMotor.h>           // INCLUI A BIBLIOTECA DA MOTOR SHIELI
#include <SoftwareSerial.h> // INCLUI SERIAL DO BLUETOOTH
SoftwareSerial bluetooth(A1, A0); // RX(TX DO MÓDULO BT), TX(RX I

#define FORWARD 2 //VALOR DA BIBLIOTECA 1
#define BACKWARD 1 //VALOR DA BIBLIOTECA 2

// INSTANCIANDO MOTORES
AF_DCMotor motor1(1);
AF_DCMotor motor2(2);
AF_DCMotor motor3(3);
AF_DCMotor motor4(4);

Salvo.
at cc.arduino.contributions.libraries.ui.LibraryManagerU... 1 more
1
Arduino Uno

```

Fonte: Autor.

2.3.8. Nesse código, as partes antecedidas por duas barras (//) são consideradas pelo programa como comentários. Isso significa que elas não influenciam diretamente na dinâmica do programa, servindo como um guia para o professor ou para aquele que deseja realizar ajustes e ou alterações.

2.3.9. Com o programa inserido, vá em ARQUIVO em seguida SALVAR. Escolha o diretório onde este arquivo ficará e insira um nome a sua escolha, sugerimos o nome PHYSICAR para uma mais fácil identificação posterior.

2.3.10. Com o programa salvo, clique no botão VERIFICAR (✓) para que o software verifique se há algum erro no código. Caso seja encontrada alguma falha, compare o programa que montamos com o que foi colocado no programa e procure por eventuais divergências.

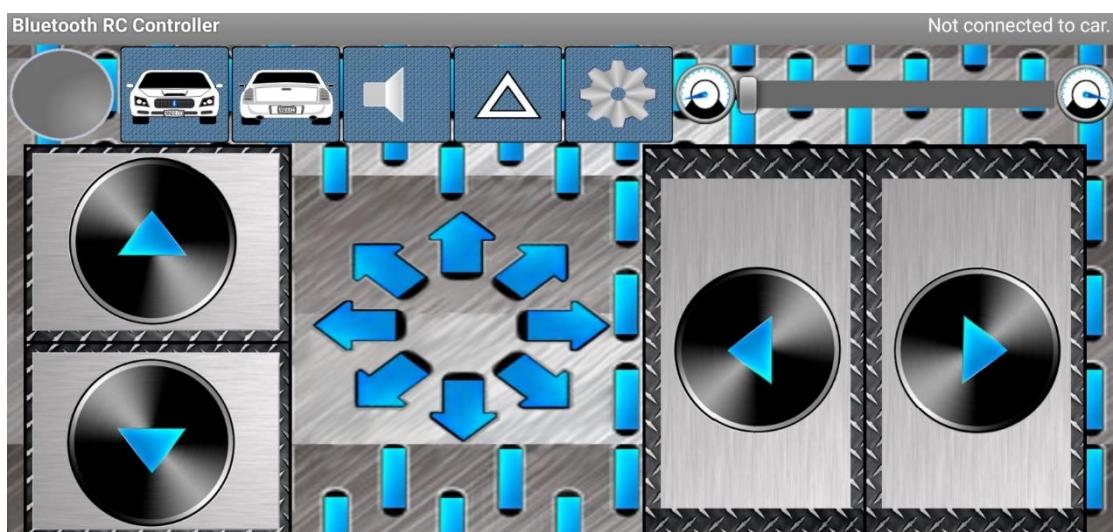
2.3.11. Caso apresente encontre uma dificuldade na inserção do código, você pode baixá-lo diretamente pelo link que disponibilizamos em seguida: <<https://cutt.ly/CODIGO-PHYSICAR>>.

2.3.12. Com o código pronto e operacional, ligue o *PhysiCAR* ao Raspberry ou PC via cabo USB. Em seguida clique em CARREGAR (→) e o programa inicializará a etapa de envio dos códigos fonte para a placa do Arduino.

2.3.13. Com o código já na placa, desconecte o *PhysiCAR* do computador e use a bateria de 9V como fonte de energia.

2.3.14. Em seu Smartphone Android, procure na PlayStore o app chamado ***Bluetooth RC Controller***, através dele faremos os comandos para o carrinho.

Figura 60 – Bluetooth RC Controller, aplicativo que executará os comandos no PhysiCAR.



Fonte: Autor.

2.3.15. Com a aplicativo aberto, clique na engrenagem centralizada na parte superior.

Em seguida escolha a opção CONNECT TO CAR.

2.3.16. Nesse momento com o *PhysiCAR* ligado e o smartphone com o Bluetooh em funcionamento, faça o pareamento dos dois. Buscando em seu dispositivo celular o nome do componente HC-05 ou HC-06 ou similar.

2.3.17. Ao realizar o pareamento a bolinha do lado superior esquerdo que antes piscava em VERMELHO deve estar acesa em VERDE, o que indica que a conexão foi bem-sucedida e que o carrinho está pronto para ser controlado.

2.3.18. Use as setas para realizar as ações.

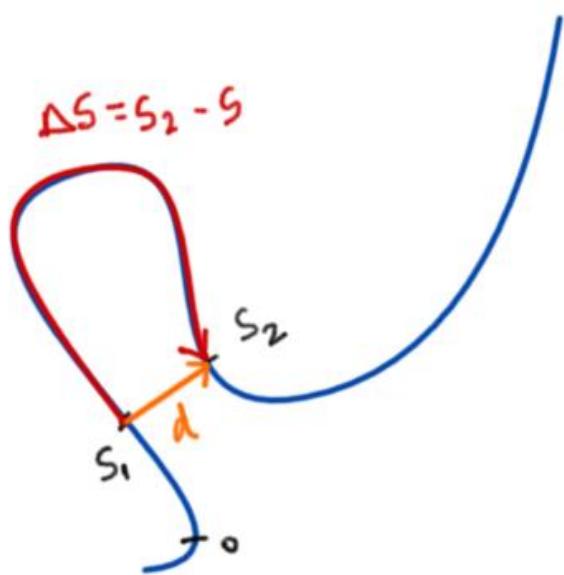
2.3.19. Divirta-se!!!

3.1 EXPERIMENTO VELOCIDADE MÉDIA

I - INTRODUÇÃO

Considere a figura 15. Nessa figura mostramos um caminho percorrido por um corpo, e ao longo do caminho marcamos três posições, a origem 0, a posição s_1 ao longo do caminho, e a posição s_2 ao longo do caminho. O intervalo de tempo entre o corpo estar em s_1 e depois em s_2 é normalmente chamado por autores de livros didáticos como o "tempo gasto" Δt . Note que temos duas definições possíveis para a chamada "variação do espaço". Alguns autores utilizam $\Delta s = s_2 - s_1$, e usam termos como "espaço percorrido" ou "distância percorrida" na definição do conceito de velocidade média. A palavra "percorrido" é importante nesse caso, pois está associada com o movimento ao longo da curva.

Figura 61 - Distinção entre a "distância percorrida" Δs e o "deslocamento" d .



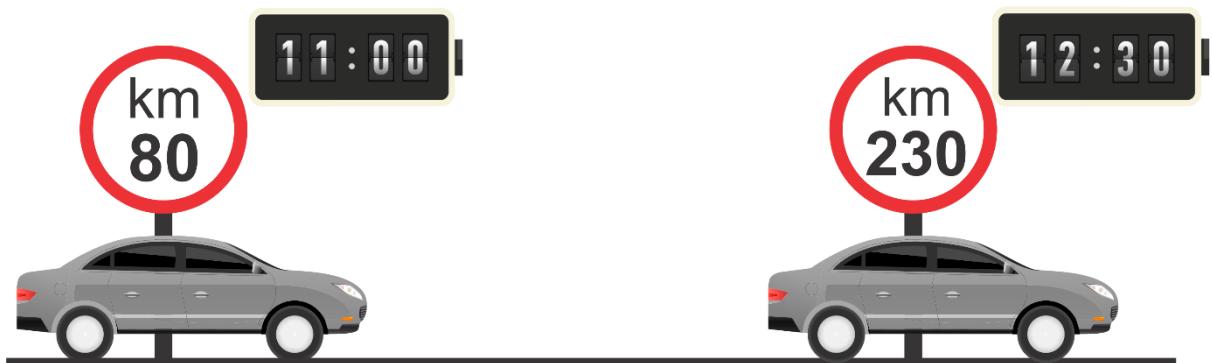
Fonte: Autor.

O conceito formal de velocidade média envolve, na verdade, o "deslocamento" d , apesar de mais difícil de associar com o movimento do corpo que percorre o caminho, que na verdade é bidimensional.

O conceito de velocidade vai ser apresentado aqui em uma dimensão, para o movimento retilíneo. Em caminhos retilíneos a distinção entre Δs e d não existe. Vamos utilizar os conceitos de posição, tempo e medidas simultâneas de posição e tempo construídos no Experimento I. Mesmo em uma dimensão podemos iniciar a construção do conceito de que velocidade é uma grandeza vetorial.

Imagine a seguinte situação: “Eram 11 h da manhã quando você passou pelo quilômetro 80 (km 80) da estrada e 12 h 30 min quando parou para almoçar no restaurante do quilômetro 230 (km 230).”

Figura 62 – Representação do trajeto de um automóvel entre 11 h e 12 h 30 min.



Fonte: Autor.

O deslocamento do seu automóvel entre 11 h e 12 h 30 min foi de:

$$\Delta s = 230 \text{ km} - 80 \text{ km} = 150 \text{ km}$$

Em um intervalo de tempo igual a 1 hora e meia, que indicamos assim:

$$\Delta t = 12 \text{ h } 30 \text{ min} - 11 \text{ h } 00 \text{ min} = 1 \text{ h } 30 \text{ min (ou } 1,5 \text{ h)}$$

Então, você se deslocou 150 km em 1,5 h, o que dá uma média de 100 km por hora ($150 : 1,5 = 100$). Portanto, sua velocidade escalar média foi, nesse trecho da viagem, igual a 100 km/h.

Velocidade escalar média (v_m) de um corpo em determinado percurso é a relação entre o deslocamento escalar realizado pelo corpo (Δs) e o tempo despendido na ação (Δt).

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

II - OBJETIVOS

Construir o conceito de velocidade média no movimento retilíneo. Analisar e interpretar o sinal da velocidade média para construir a ideia de que essa é uma grandeza vetorial. Representar graficamente essa grandeza.

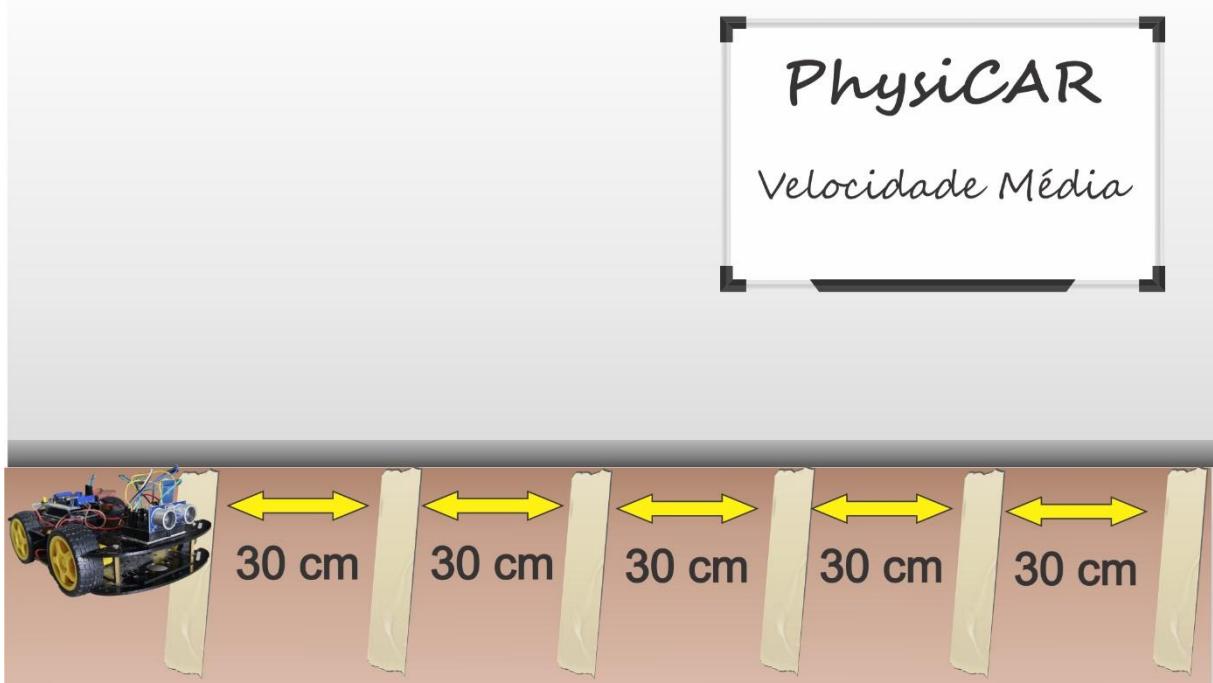
III - MATERIAL

- PhysiCAR
- Aplicativo Bluetooth RC Controller
- Cronômetro
- Fita Métrica
- Fita Crepe

IV - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- A) Utilizando a fita métrica e a crepe faça marcações a cada 30 cm no chão. Com marcações referentes as posições $s_0 = 0$, $s = 30 \text{ cm}$, $s = 60 \text{ cm}$, $s = 90 \text{ cm}$, $s = 120 \text{ cm}$ e $s = 150 \text{ cm}$. De acordo com os valore indicados na Tabela 3.1.

Figura 63 – Esquema de marcação com as fitas crepe.



Fonte: Autor.

- B) Ligue o **PhysiCAR** e conecte-o via Bluetooth ao smartphone com o aplicativo Bluetooth RC Controller instalado.
- C) Coloque o **PhysiCAR** em movimento um pouco antes da posição $s_0 = 0$ e quando o mesmo atingir esta posição acione o cronômetro. Meça o tempo para o carrinho se deslocar de $s_0 = 0$ até $s = 30\text{ cm}$, como indicado na Tabela 3.1. Realize pelo menos três medidas de tempo.

Responda: A velocidade é constante? Por quê?

- D) Repita o procedimento anterior para cada posição indicada na Tabela 3.1, sempre deixando o carrinho partir de $s_0 = 0$.

- E) Preencha os outros espaços da Tabela 3.1.
- F) Baseado nos resultados da Tabela 3.1, preencha a Tabela 3.2.
- G) Faça o gráfico da posição do carrinho versus tempo com os dados da Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Resultados experimentais			
s (cm)	Medidas de t (s)	Média de t (s)	Velocidade Média no percurso (cm/s)
30			
60			
90			
120			
150			

Tabela 3.2 – Cálculo das velocidades médias

Intervalo		Δs (cm)	Δt (s)	Velocidade Média no percurso (cm/s)
s_i (cm)	s_f (cm)			
0	30			
30	60			
60	90			
90	120			
120	150			

- H) Coloque o **PhysiCAR** em movimento (em sentido contrário) um pouco antes da posição $s_0 = 150\text{ cm}$ e quando ele atingir esta posição acione o cronômetro. Meça o tempo para o carrinho se deslocar de $s_0 = 150\text{ cm}$ até $s = 120\text{ cm}$, como indicado na Tabela 3.3. Realize pelo menos três medidas de tempo.
- I) Repita o procedimento anterior para cada posição indicada na Tabela 3.3, sempre deixando o carrinho partir de $s_0 = 150\text{ cm}$.
- J) Preencha os outros espaços da Tabela 3.3.
- K) Baseado nos resultados da Tabela 3.3, preencha a Tabela 3.4.
- L) Faça o gráfico da posição do carrinho versus tempo com os dados da Tabela 3.3.
- M) Faça o gráfico da velocidade do carrinho versus tempo para os dados das Tabelas 3.2 e 3.4.

Tabela 3.3 – Resultados experimentais

s (cm)	Medidas de t (s)	Média de t (s)	Velocidade Média no percurso (cm/s)
120			
90			
60			
30			
0			

Tabela 3.4 – Cálculo das velocidades médias

Intervalo		Δs (cm)	Δt (s)	Velocidade Média no percurso (cm/s)
s_i (cm)	s_f (cm)			
150	120			
120	90			
90	60			
60	30			
30	0			

Gráfico “s contra t” para os dados obtidos das Tabelas 3.1 e 3.3

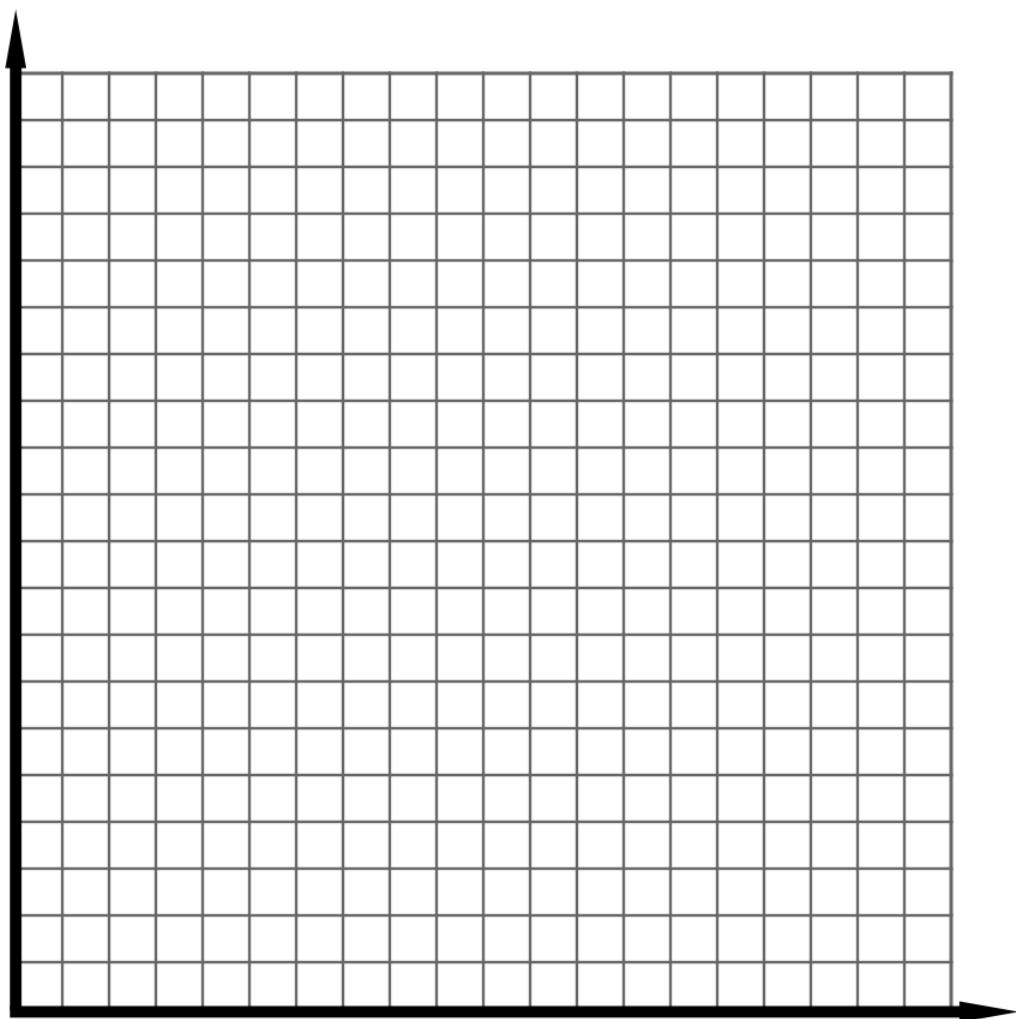
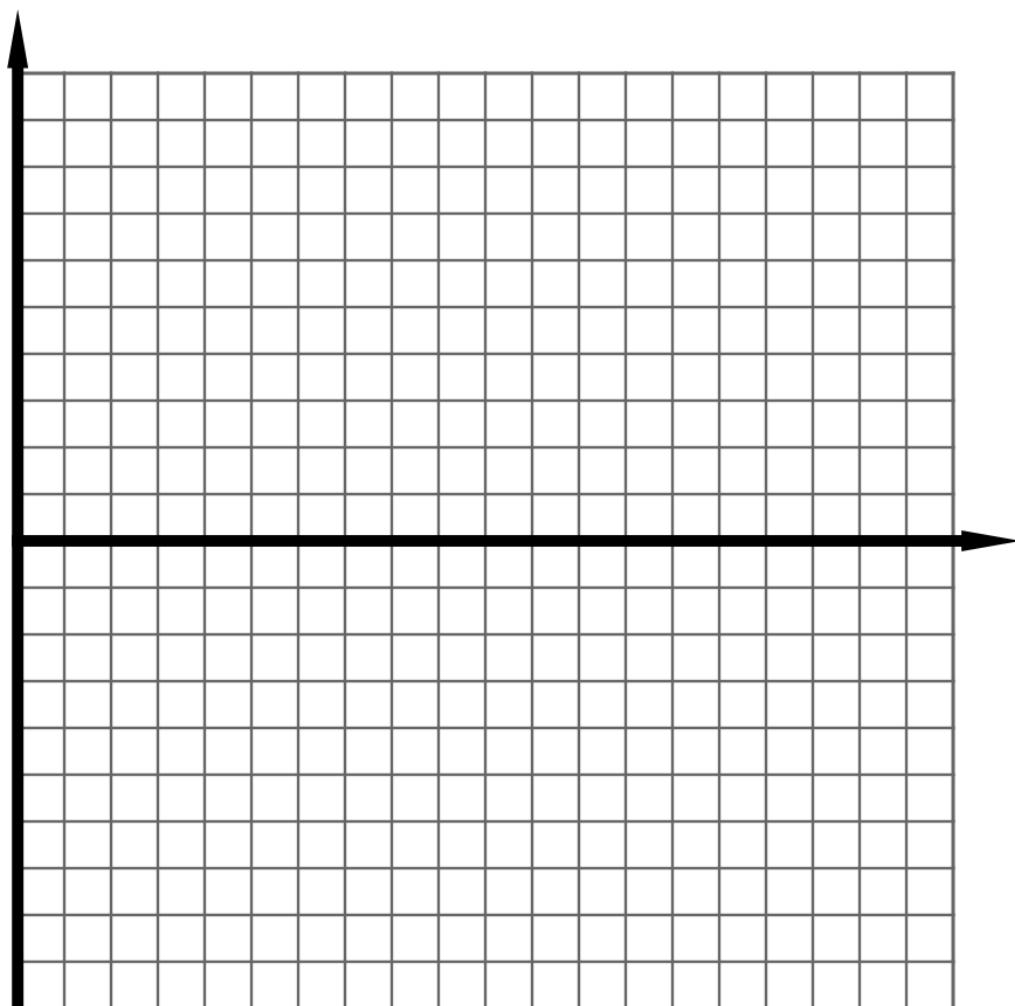


Gráfico “v contra t” para os dados obtidos das Tabelas 3.2 e 3.4

3.2 EXPERIMENTO ENTENDENDO A EQUAÇÃO DE MOVIMENTO UNIFORME

I - INTRODUÇÃO

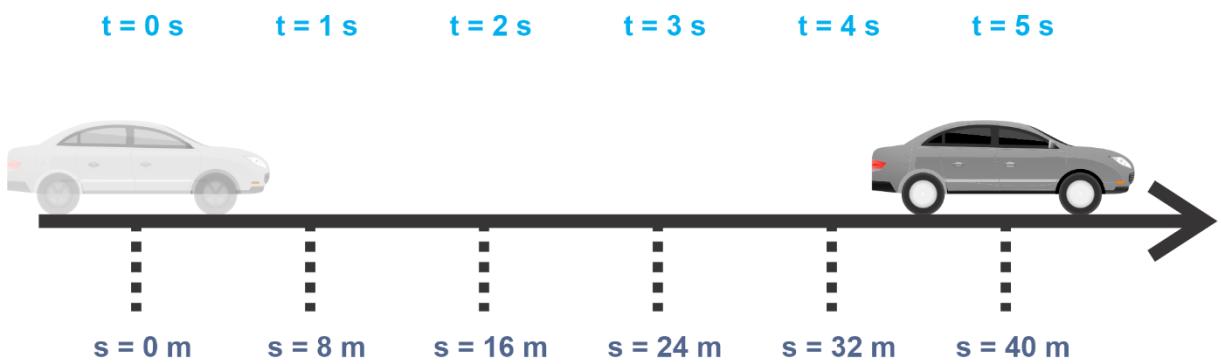
Em muitos textos de Física nos deparamos com o movimento retilíneo com velocidade constante sendo apresentado sem antes se construir o conceito de posição variando com o tempo. É comum encontrarmos a sequência de afirmações - "d é a distância percorrida", seguida de "t é o tempo gasto para percorrer a distância d" e finalmente "v é a velocidade constante", terminando com fórmula $d = vt$. Essa sequência não mostra como essa fórmula foi construída, e vários conceitos importantes precisam ser tratados com cuidado.

A proposta deste experimento é construir os conceitos de referencial, medidas da posição de um corpo, medidas de tempo, sobretudo a ideia de medidas de posição e tempo feitas simultaneamente. Com esses conceitos e um pouco de abstração é possível se obter uma "lei" que nos permite calcular a posição do corpo em qualquer instante. Essa é a *Equação de movimento*.

Corpos executando movimentos com velocidade constante raramente são observados, uma vez que, nessa condição, um corpo deveria permanecer sem acelerar ou frear. Mesmo sabendo disso, é comum estudarmos as características dos movimentos do particular para o geral, isto é, do mais simples para o mais complexo. Por isso, justifica-se analisar com mais detalhes os efeitos dos movimentos iniciando por aquele em que o valor de velocidade não varia, ou seja, pelo movimento uniforme.

Seja um móvel que se desloca sobre uma trajetória retilínea e sua posição é registrada a cada segundo, conforme a Figura 64.

Figura 64 – O deslocamento do móvel é constante a cada segundo.



Fonte: Autor.

Nesse movimento, o móvel se desloca 8 m a cada segundo, o que indica que a velocidade média do móvel é constante em cada intervalo de 1 segundo. Se diminuir o seu intervalo de observação de 1 segundo para valores cada vez menores e, mesmo assim, a velocidade escalar média se mantiver constante, chegará um momento em que esse intervalo será praticamente nulo, e a velocidade poderá ser considerada instantânea. Poderemos, então, dizer que o móvel realiza **Movimento Uniforme (MU)**.

Um móvel realiza movimento uniforme (MU) em determinado intervalo de tempo quando sua velocidade escalar instantânea for mantida constante e diferente de zero em todo o intervalo considerado.

O corpo em movimento retilíneo uniforme percorre sempre a mesma distância em intervalos de tempos iguais, pois desenvolve velocidade constante. Isso significa que em seu deslocamento escalar é diretamente proporcional ao tempo de percurso, ou seja, sua velocidade escalar média tem valor único durante todo o percurso.

Assim, é possível prever em que posição o móvel estará em um instante t qualquer, por meio de uma equação matemática que relaciona esse s e t . Admitindo $v_m = v$, temos:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{s - s_0}{t - t_0}; \text{ para } t_0 = 0, \text{ vem:}$$

$v = \frac{s - s_0}{t} \Rightarrow v \cdot t = s - s_0 \Rightarrow s = s_0 + v \cdot t$, equação denominada **função horária da posição** do móvel.

A função horária da posição $s = f(t)$ de um corpo em movimento retilíneo uniforme (MRU) é do tipo:

$$s = s_0 + vt$$

Em que v é a velocidade escalar constante desenvolvida pelo corpo e s_0 é a posição inicial que ele ocupa na trajetória.

II - OBJETIVOS

Construir o conceito de movimento uniforme (MU). Analisar e interpretar as características de um móvel que se comporta sob velocidade constante. Esboçar e verificar experimentalmente uma lei de formação que descreva o espaço em função do tempo em um MU, representando graficamente as grandezas envolvidas.

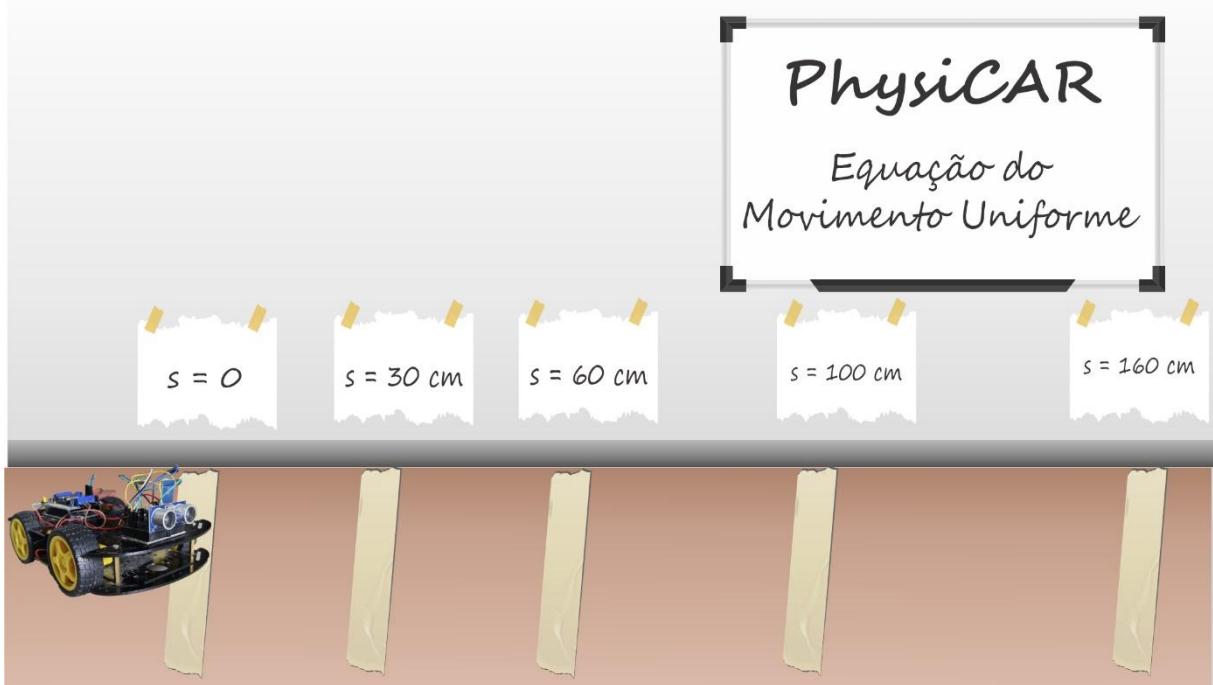
III - MATERIAL

- **PhysiCAR**
- Aplicativo Bluetooth RC Controller
- Cronômetro
- Fita Métrica
- Fita Crepe

IV - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- A) Utilizando a fita métrica e fita crepe faça marcações no chão referentes as posições $s_0 = 0$, $s = 30\text{ cm}$, $s = 60\text{ cm}$, $s = 100\text{ cm}$, $s = 120\text{ cm}$ e $s = 160\text{ cm}$. De acordo com os valore indicados na Tabela 3.1.

Figura 65 – Esquema de marcação com as fitas crepe.



Fonte: Autor.

- B) Ligue o **PhysiCAR** e conecte-o via Bluetooth ao smartphone com o aplicativo Bluetooth RC Controller instalado.
- C) Coloque o **PhysiCAR** em movimento um pouco antes da posição $s_0 = 0$ e quando o mesmo atingir esta posição acione o cronômetro. Meça o tempo para o carrinho se deslocar de $s_0 = 0$ até $s = 30\text{ cm}$, como indicado na Tabela 3.5. Realize pelo menos três medidas de tempo.

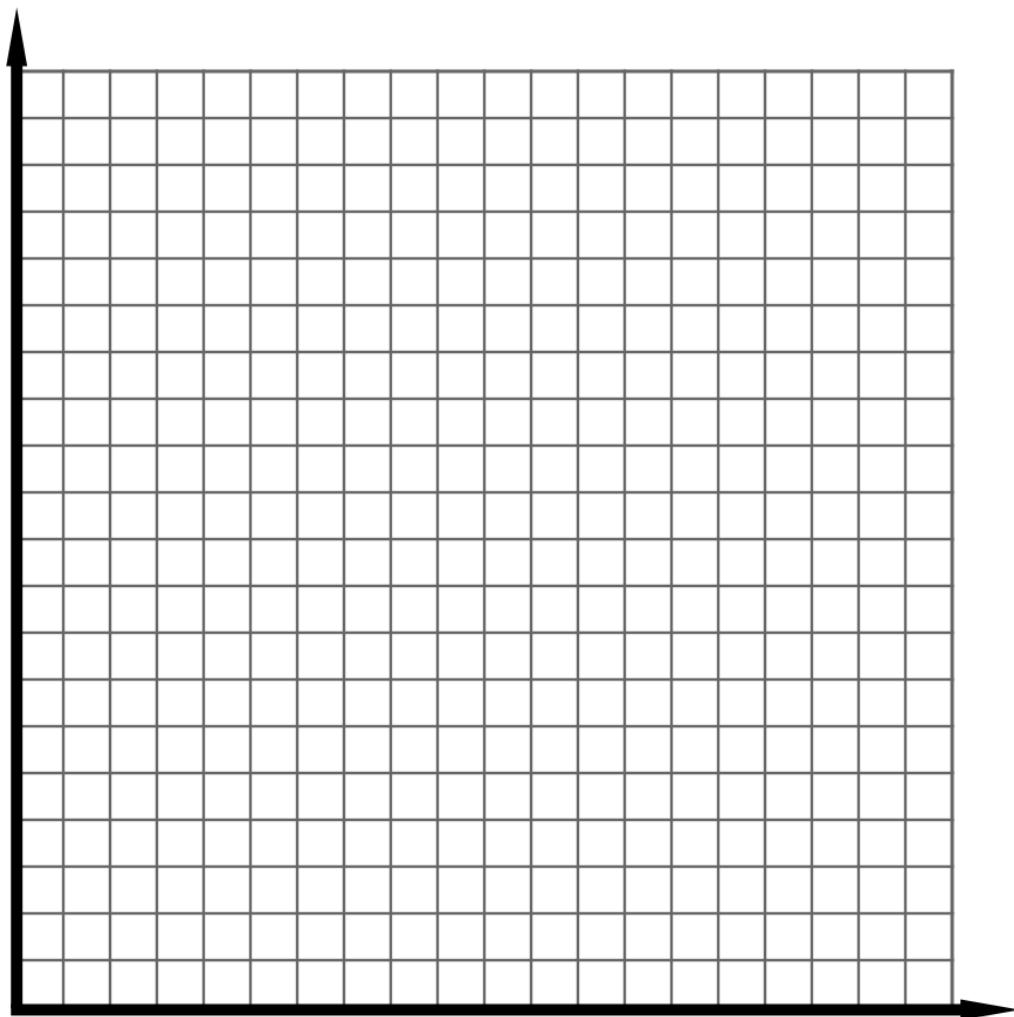
*Responda: Existe alguma semelhança entre os trechos **0 cm ~ 60 cm** e **100 cm ~ 160 cm**? Quais? Que conclusões podemos tirar dessas observações?*

- D) Repita o procedimento anterior para cada posição indicada na Tabela 3.5, sempre deixando o carrinho partir de $s_0 = 0$.
- E) Preencha os outros espaços da Tabela 3.5.
- F) Baseado nos resultados da Tabela 3.5, preencha a Tabela 3.6.
- G) Faça o gráfico da posição do carrinho versus tempo com os dados da Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Resultados experimentais			
s (cm)	Medidas de t (s)	Média de t (s)	Velocidade Média no percurso (cm/s)
30			
60			
100			
160			

Tabela 3.6 – Cálculo das velocidades médias

Intervalo		Δs (cm)	Δt (s)	Velocidade Média no percurso (cm/s)
s_i (cm)	s_f (cm)			
0	30			
30	60			
60	100			
100	160			
0	60			
100	160			

Gráfico “s contra t” para os dados obtidos da Tabelas 3.5

*Responda: O movimento observado pode ser considerado como um **Movimento Uniforme**? Por quê?*

*Responda: Qual seria a **Equação do movimento** desse cenário que testamos? Utilizando os dados dos tempos medidos na Tabela 3.5 na Equação do movimento, os valores do espaço teórico e prático correspondem? Que conclusões podemos tirar dessas observações?*

3.3 EXPERIMENTO MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO (MUV)

I - INTRODUÇÃO

Quando um ônibus arranca do ponto, seu corpo é “empurrado” para trás. Quando freia, você “vai” para frente. Esse “puxa e empurra” acontece porque a velocidade do ônibus está mudando com o tempo. Sempre que a velocidade muda, aumentando ou diminuindo, existe **aceleração**.

Consideremos uma partícula em movimento (Figura 66), que apresenta as seguintes velocidades escalares:

- No instante t_1 , velocidade escalar v_1 ;
- No instante t_2 , velocidade escalar v_2 ;



Figura 66 – Movimento de uma partícula em dois instantes.

A **aceleração escalar média (a_m)** dessa partícula, entre os dois instantes considerados, é definida por:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a_m = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

Com relação às unidades de medida de aceleração, note que elas são sempre quocientes de uma unidade de velocidade por uma de tempo. No SI, temos:

$$[a_m] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = \frac{\text{unidade de } v}{\text{unidade de } t} = \frac{m / s}{s} = m / s^2$$

Concluímos, então, que a unidade de aceleração no SI é o **metro por segundo ao quadrado (m/s^2)**.

Neste experimento vamos estudar um caso muito comum e importante: o Movimento Uniformemente Variado (MUV). “Uniformemente variado” significa que a aceleração é constante e diferente de zero: a cada segundo, a velocidade muda sempre a mesma quantidade.

É assim que um carrinho desce uma rampa lisa, que uma bicicleta acelera com a mesma força num trecho plano, ou que um objeto cai (se ignorarmos a resistência do ar).

Como a aceleração escalar é constante, a aceleração média é igual à instantânea e podemos escrever:

$$a = a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a_m = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

- v_0 é a velocidade escalar para $t_0 = 0$, denominada de velocidade escalar inicial.
- v é a velocidade escalar para um instante genérico t .

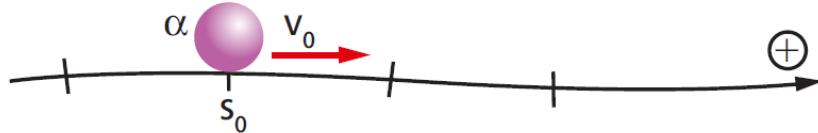
Da equação acima se escreve:

$$v = v_0 + at$$

Essa equação nos informa o valor da velocidade escalar instantânea para um dado valor de t . Vamos denominá-la **Equação horária da velocidade**.

Já em relação a posição que a partícula ocupa, no instante $t = 0$, a posição de abscissa s_0 , com velocidade escalar instantânea v_0 , cujo movimento tenha uma aceleração escalar constante a (Figura 67).

Figura 67– Movimento de uma partícula em dois instantes.



Sua nova posição s em qualquer instante t é dada pela equação do 2º grau:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Estudar as características do movimento de Queda Livre e determinar experimentalmente o valor da aceleração da gravidade. Mostrar que a aceleração do corpo é constante e independente da massa do móvel.

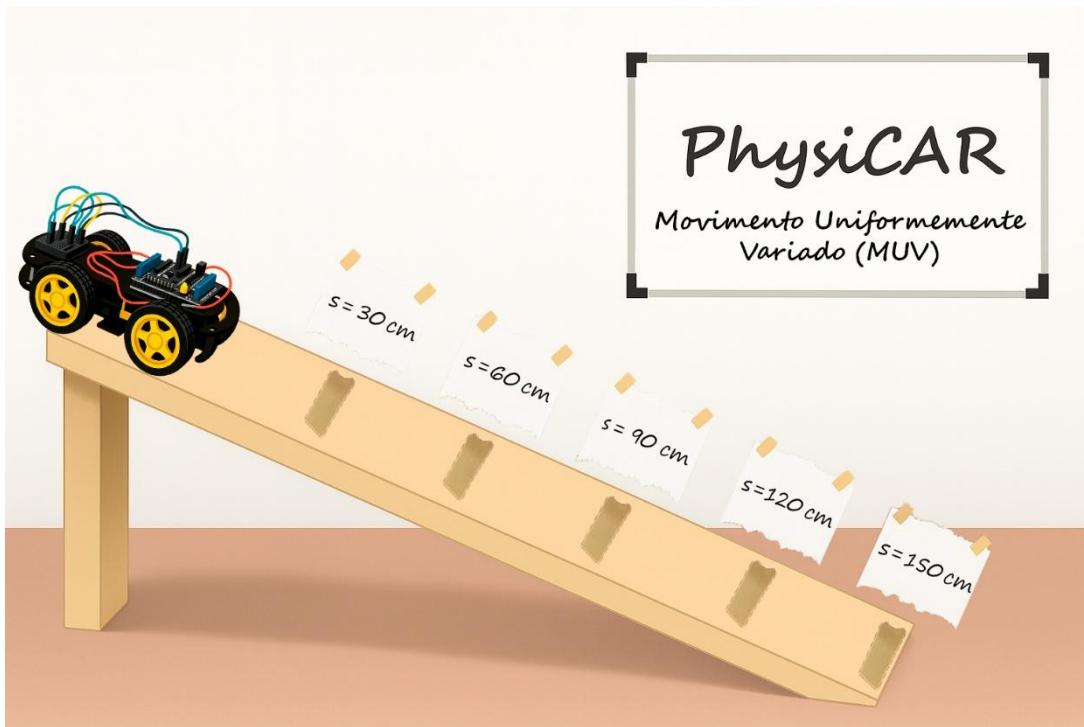
III - MATERIAL

- PhysiCAR — desligado, sem usar os motores.
- Fita métrica (≥ 2 m), fita crepe para marcar posições no chão/na rampa.
- Cinco Cronômetros (pode ser utilizado o do celular).
- Placa de papelão rígido ou tábua lisa ($\approx 2,0$ m de comprimento).
- Calços (livros, bloco de madeira ou borracha) para levantar um lado da placa (3–8 cm).
- (Opcional) Smartphone com câmera lenta para revisar tempos;

IV - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- A) Em piso liso, apoie a placa/tábua no chão e eleve apenas um lado com os calços, formando uma rampa suave.
- B) Meça 1,50 m ao longo da rampa a partir do topo (ponto mais alto). Marque com fita crepe as posições $s_0 = 0$ cm, 30, 60, 90, 120 e 150 cm (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Figura 68 - PhysiCAR no plano inclinado



Fonte: Autor.

- C) Coloque o **PhysiCAR** desligado (sem bateria 9V conectada aos motores) com a frente apontada para baixo da rampa, encostando suavemente no topo (s_0).
- D) Solte sem empurrar. Observe se ele desce sem trepidar. Se travar, reduza a inclinação (calço menor) ou verifique se as rodas estão livres.
- E) Posicione um estudante com cronometro em frente a cada marcação, este será responsável pela medição em cada ponto.
- F) Solte o **PhysiCAR** da posição $s_0 = 0$, indicando que ele foi liberado, para que todos iniciem seus cronômetros.
- G) Cada estudante mede o tempo que o **PhysiCAR** passa pelo seu ponto, preenchendo a Tabela 3.7. Realize pelo menos três medidas de tempo.

Tabela 3.7 – Resultados experimentais

s (cm)	Medidas de t (s)	Média de t (s)
30		
60		
90		
120		
150		

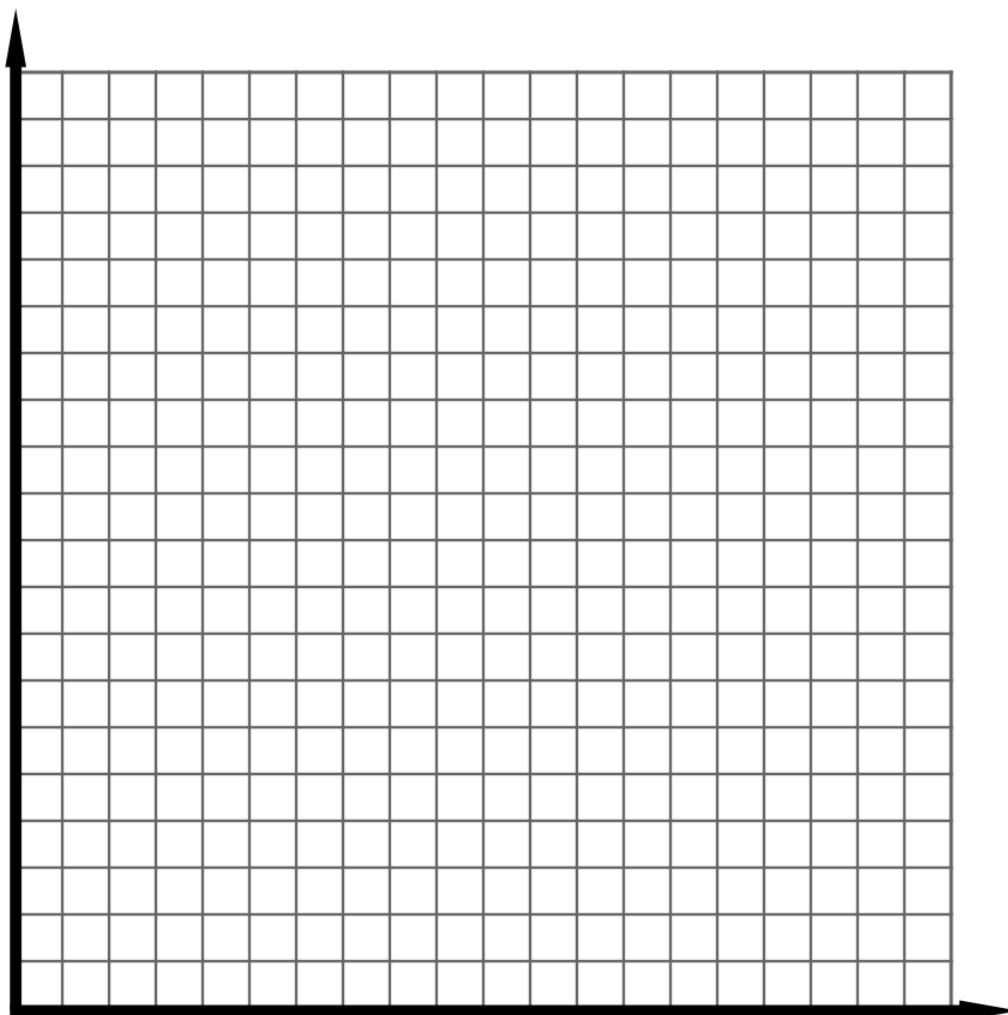
H) Baseado nos resultados da Tabela 3.7, preencha a Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Cálculo das velocidades médias

Intervalo		Δs (cm)	Δt (s)	Velocidade Média no percurso (cm/s)
s_i (cm)	s_f (cm)			
0	30			
0	60			
0	90			
0	120			
0	150			

- I) Faça o gráfico da velocidade do carrinho versus tempo com os dados da Tabela 3.8.

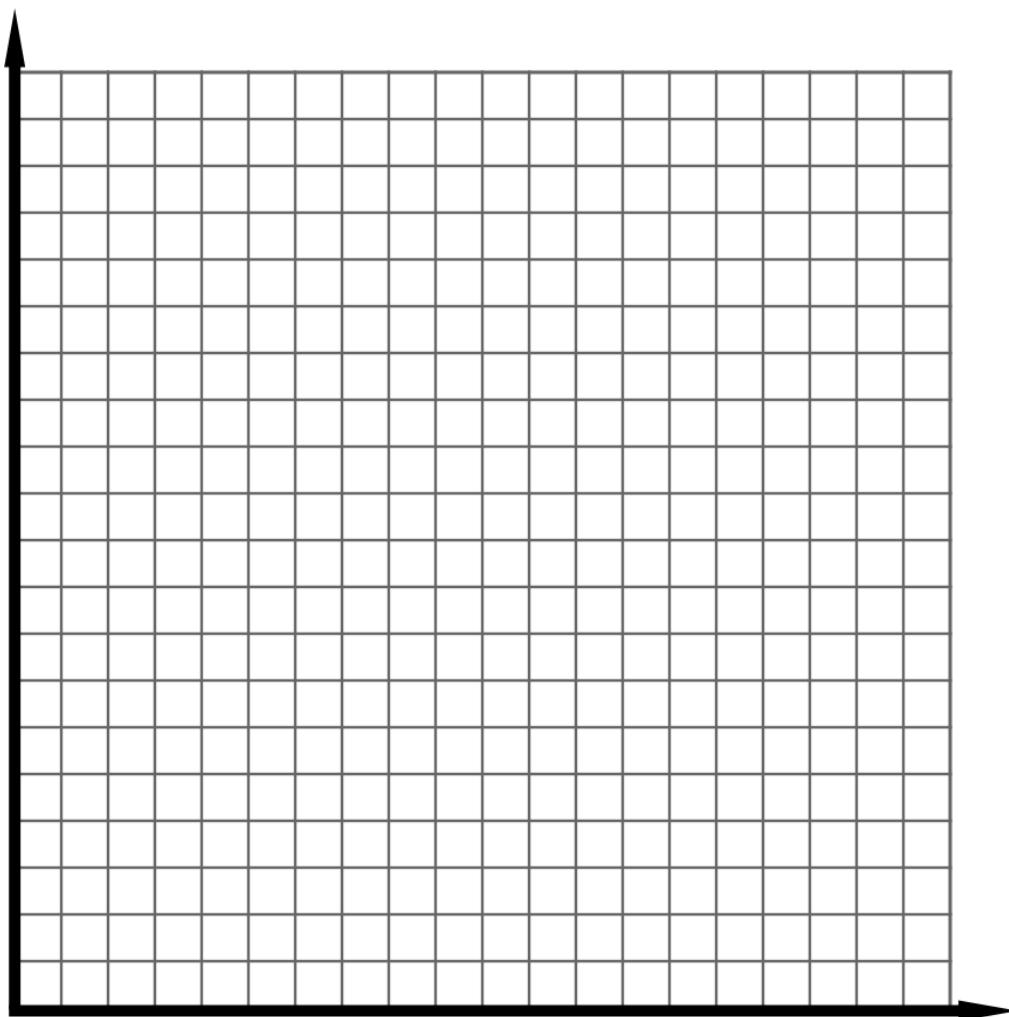
Gráfico “v contra t” para os dados obtidos da Tabelas 3.8



- J) Utilize os dados da Tabela 3.8 para calcular a aceleração média, em cada trecho do percurso.

K) Faça o gráfico da posição do carrinho versus tempo com os dados da Tabela 3.7.

Gráfico “s contra t” para os dados obtidos da Tabelas 3.7



Responda: Pelos seus gráficos, o movimento é MUV?

Qual evidência direta aparece em cada gráfico: $v \times t$ (reta) e $s \times t$ (parábola)?

Responda: Escreva a Equação horária do espaço para o MUV ($s = s_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$) e calcule o valor teórico para que o carrinho chegue em $s = 150\text{ cm}$. Em seguida verifique se o valor teórico ficou próximo da medida real, calculando o erro percentual.

3.4 EXPERIMENTO QUEDA-LIVRE

I - INTRODUÇÃO

Um dos exemplos mais comuns de movimento com aceleração (aproximadamente) constante é o da queda de um corpo atraído pela força gravitacional da terra. A queda de uma xícara na cozinha, de um parafuso na oficina, de uma bolinha de aço no laboratório são exemplos do nosso cotidiano.

Em condições ideais, em que possa ser desprezada a resistência do ar, bem como qualquer outro tipo de resistência, esse movimento é chamado *Queda Livre*. Corpos soltos próximos à superfície da Terra caem em queda livre, com aceleração escalar aproximadamente igual a $9,8 \text{ m/s}^2$. Esse valor de aceleração é conhecido como aceleração da gravidade e é indicado pela letra g . Quando nenhuma outra força está envolvida além da atração da gravidade, o corpo cai livremente.

Um objeto caindo no ar, por sua vez, está sobre a ação do empuxo, que de acordo com Princípio de Arquimedes é uma resistência à queda livre. No entanto, quando é sobre objetos densos e pequenos, caindo de pequenas alturas, sua queda se comporta aproximadamente da mesma forma no ar e no vácuo.

A gravidade é uma força constante porque atua a cada momento da queda. Então uma queda é um movimento acelerado ao qual as leis gerais da mecânica podem ser aplicadas.

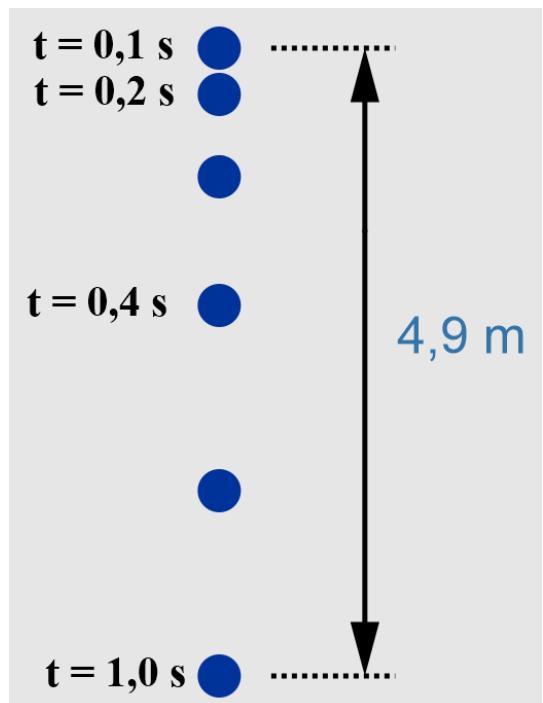


Figura 69 – Esboço teórico da queda de uma esfera realizada em intervalos constantes de tempo. O aumento da distância percorrida a cada intervalo de tempo caracteriza um movimento acelerado.

Segundo os estudos de Movimentos Uniformemente Variados (MUV), como é o nosso caso, temos uma velocidade que variam de maneira constante durante um intervalo de tempo. E podemos determiná-la pela Equação:

$$v = v_0 \pm a \cdot t$$

Onde v_0 representa a velocidade inicial do corpo, a é a aceleração e t é o tempo.

Em relação ao espaço, um móvel em MUV segue a regra do movimento:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Mas como a nossa trajetória na *Queda Livre* está localizada no “Eixo Y” e acelerado pela gravidade podemos fazer algumas substituições:

$$\left. \begin{array}{l} s_0 = 0 \\ s = y \\ a = +g \end{array} \right\} \begin{array}{l} s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ y = 0 + v_0 t + \frac{gt^2}{2} \end{array}$$

Outra consideração que podemos fazer é na relação direta entre a velocidade (v) e a altura (h) que o corpo em Queda Livre. Conhecendo-se a característica da aceleração (gravidade) de um corpo, podemos escrever uma Equação de Velocidade em função da altura ao invés do tempo. Para tal, podemos adaptar a Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$$

Para um corpo abandonado a partir do repouso ($v_0 = 0$) e lembrando que o espaço percorrido corresponde a altura em que o corpo foi solto, temos:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s \Rightarrow v^2 = 0 + 2ah \Rightarrow v^2 = 2gh \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

IV - OBJETIVOS

Estudar as características do movimento de Queda Livre e determinar experimentalmente o valor da aceleração da gravidade. Mostrar que a aceleração do corpo é constante e independente da massa do móvel.

V - MATERIAL

- **PhysiCAR**
- Cabo USB
- Raspberry Pi ou PC
- Planilha auxiliar de dados
- Arduino IDE
- Sketch do experimento (*PHYSICAR_QUEDA_LIVRE.ino*)
- Fita Métrica
- Duas esferas de diâmetro semelhante e massas diferentes (borracha e metal);

VI - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A) Baixe o Sketch desse experimento pelo link:

https://cutt.ly/PHYSICAR_QUEDALIVRE

B) Abra a planilha auxiliar de dados pelo link:

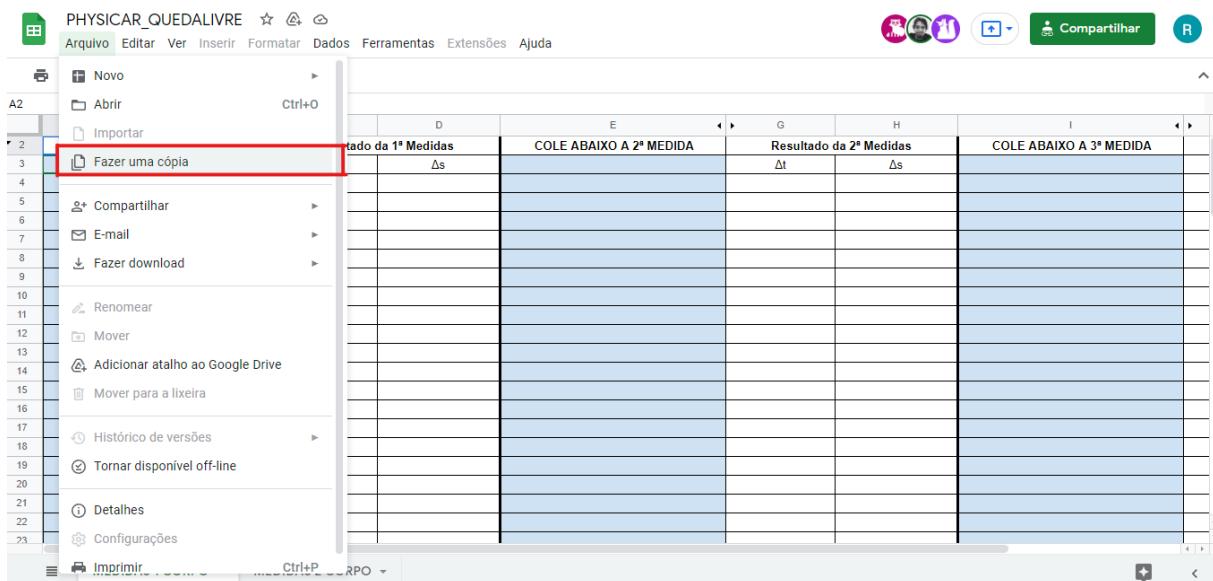
https://cutt.ly/PLANILHA_QUEDALIVRE

Figura 70 – Planilha auxiliar de dados que calcula os intervalos de tempo e espaço automaticamente.

Fonte: Autor.

- C) Faça login com qualquer conta do Google e estará habilitada a opção de FAZER UMA CÓPIA. Assim poderá realizar a inserção dos dados, quando solicitado.

Figura 71 – Função de cópia de arquivo habilitada.

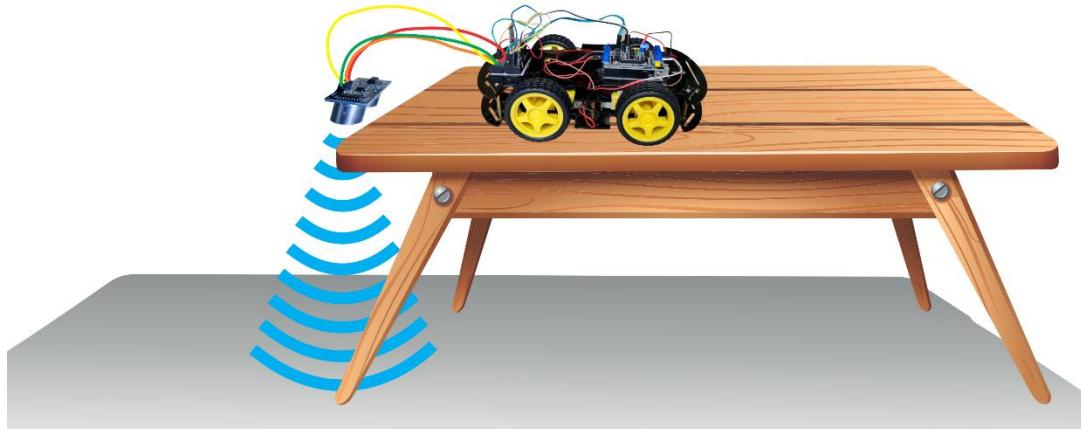


Fonte: Autor.

- D) Conecte o PhysiCAR ao Raspberry ou PC utilizando o cabo USB.
E) Abra o Arduino IDE no computador e carregue o código baixado.

- F) Apoie o **PhysiCAR** sobre a mesa e posicione o sensor ultrassônico voltado para o chão. Como mostra a figura abaixo.

Figura 72 – Esboço do PhysiCAR com o Módulo Ultrassônico fazendo leituras.



Fonte: Autor.

- G) No Arduino IDE, clique em FERRAMENTAS e abra o MONITOR SERIAL.
 H) Com o Monitor Serial aberto ative a opção SHOW TIMESRAMP.

Figura 73 – Monitor Serial realizando leituras de distância.

A captura de tela do Monitor Serial do Arduino IDE exibe uma lista de leituras de distância realizadas. Cada linha mostra uma timestamp seguida da distância em centímetros. As leituras variam entre 25.59 cm e 44.93 cm.

```

COM4
Enviar
18:33:09.918 -> Distancia em cm: 44.93
18:33:10.010 -> Distancia em cm: 31.67
18:33:10.150 -> Distancia em cm: 26.20
18:33:10.244 -> Distancia em cm: 26.10
18:33:10.339 -> Distancia em cm: 28.51
18:33:10.431 -> Distancia em cm: 25.69
18:33:10.525 -> Distancia em cm: 25.59
18:33:10.665 -> Distancia em cm: 25.96
18:33:10.759 -> Distancia em cm: 30.36
18:33:10.852 -> Distancia em cm: 26.57
18:33:10.946 -> Distancia em cm: 27.29
18:33:11.040 -> Distancia em cm: 28.41
18:33:11.133 -> Distancia em cm: 30.89
18:33:11.274 -> Distancia em cm: 28.97
18:33:11.367 -> Distancia em cm: 28.46
  
```

Auto-rolagem Show timestamp Nova-linha 9600 velocidade Deleta a saída

Fonte: Autor.

- I) O Monitor Serial trará informações sobre o tempo (horário em que a medida foi realizada, com precisão de milissegundos) e distância (dos objetos posicionados a frente do sensor, entre 2 cm e 400 cm).
- J) Como o Monitor Serial aberto, posicione o primeiro corpo (BOLINHA 1) próximo ao sensor observando se ele está enviando dados corretamente para o Arduino IDE.
- K) Solte a bolinha.
- L) Volte ao monitor Serial e selecione o intervalo correspondente ao da queda. Para facilitar, você poderá desabilitar o AUTO-ROLAGEM enquanto executa esta etapa.
- M) Cole esses dados na Planilha auxiliar. A partir daí, verá que ela calculará automaticamente os intervalos de tempo e espaço a cada mediação do sensor.

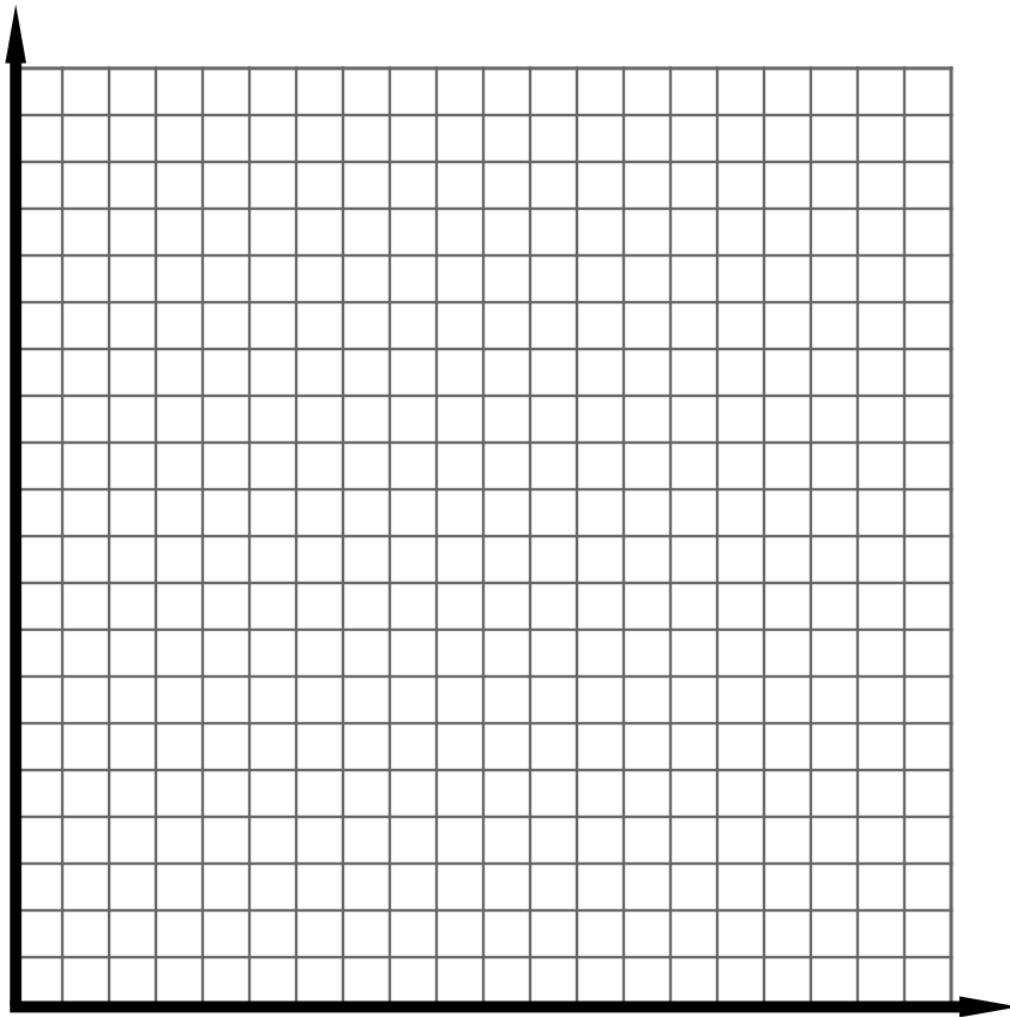
Figura 74 – Planilha com aplicação dos dados.

	A	C	D
2	COLE ABAIXO A 1ª MEDIDA		Resultado da 1ª Medidas
3	14:29:25.243 -> Distancia em cm: 2.10	Δt	Δs
4	14:29:25.339 -> Distancia em cm: 2.15	00,096	0,05
5	14:29:25.430 -> Distancia em cm: 2.27	00,187	0,17
6	14:29:25.570 -> Distancia em cm: 2.63	00,327	0,53
7	14:29:25.664 -> Distancia em cm: 2.96	00,421	0,86
8	14:29:25.758 -> Distancia em cm: 3.41	00,515	1,31
9	14:29:25.852 -> Distancia em cm: 3.93	00,609	1,83
10	14:29:25.946 -> Distancia em cm: 4.53	00,703	2,43
11	14:29:26.085 -> Distancia em cm: 5.60	00,842	3,5
12	14:29:26.176 -> Distancia em cm: 6.36	00,933	4,26
13	14:29:26.271 -> Distancia em cm: 7.25	01,028	5,15
14	14:29:26.363 -> Distancia em cm: 8.25	01,120	6,15
15	14:29:26.456 -> Distancia em cm: 9.28	01,213	7,18
16	14:29:26.595 -> Distancia em cm: 11.01	01,352	8,91
17	14:29:26.689 -> Distancia em cm: 12.35	01,446	10,25
18	14:29:26.784 -> Distancia em cm: 13.61	01,541	11,51
19	14:29:26.878 -> Distancia em cm: 15.28	01,635	13,18
20	14:29:26.971 -> Distancia em cm: 16.70	01,728	14,6
21	14:29:27.065 -> Distancia em cm: 18.45	01,822	16,35
22	14:29:27.205 -> Distancia em cm: 20.82	01,962	18,72
23	14:29:27.298 -> Distancia em cm: 22.90	02,055	20,8

Fonte: Autor.

- N) Repita o procedimento mais duas vezes com a BOLINHA 1.
- O) Refaça os passos J, K, L, M e N com o segundo corpo (BOLINHA 2).
- P) Utilizando os dados da Planilha, construa o gráfico da posição versus tempo com as medidas do CORPO 1 e do CORPO 2.

Gráfico “s contra t” para os dados da Planilha auxiliar



Responda: Houve diferença no formato dos gráficos entre o corpo 1 e o corpo 2? Que observações sobre conceitos físicos podemos tirar desses gráficos?

Responda: Com a ajuda de seu professor, determine o valor da gravidade local.

REFERÊNCIAS

- CALÇADA, Caio Sérgio; SAMPAIO, José Luiz. Física Clássica: Mecânica. São Paulo: Atual Editora, 2012.
- DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. Tópicos de Física: Mecânica. 21. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- LOIOLA, Nildo. Manual de Práticas: Física Fundamental I. Fortaleza: UFC, 2009.
- MARTINI, Gloria; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo Carneiro; SANT'ANNA, Blaidi. Conexões com a Física. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

APÊNDICE B – PRÉ-TESTES E PÓS-TESTES

<p>Estrada do Pratiús S/N - Caponga - Cascavel - Ceará</p>	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA			NOTA
	Aluno:			Data:
	Série: 1º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física
				Professor: Ronalt Gomes

PRÉ-TESTE - VELOCIDADE MÉDIA

- 1.** Em um trecho de 0,60 m o carrinho levou 1,2 s, a velocidade média nesse trecho fica mais próxima de:
- A) 0,20 m/s
 - B) 0,30 m/s
 - C) 0,33 m/s
 - D) 0,60 m/s
 - E) 1,20 m/s
- 2.** A unidade correta para velocidade média no SI é:
- A) m
 - B) s
 - C) $m \cdot s$
 - D) m/s
 - E) m/s^2
- 3.** Em um gráfico posição × tempo que é uma reta com inclinação constante, o que representa a inclinação:
- 4.** Dois trechos iguais foram percorridos com tempos 0,9 s e 0,8 s, a maior velocidade média ocorreu no trecho de:
- A) 0,9 s
 - B) 0,8 s
 - C) iguais
 - D) não é possível dizer
 - E) depende da massa do carrinho
- 5.** Marcar o tempo quando o carrinho cruza a fita zero ajuda porque:
- A) elimina totalmente o erro
 - B) reduz o atraso de reação
 - C) aumenta a aceleração
 - D) muda o s_0 para zero
 - E) muda a unidade

<p>ESCOLA DE Ensino MÉDIO EM TEMPO INTEGRAL RONALDO CAMINHA BARBOSA Caponga - Cascavel - Ceará</p>	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA			NOTA
	Estrada do Pratiús S/N - Caponga – Cascavel – Ceará			
	Aluno:		Data:	
	Série: 1º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física
			Professor: Ronalt Gomes	

PÓS-TESTE - VELOCIDADE MÉDIA

1. Em 1,20 m o tempo médio foi 3,0 s, estime a velocidade média no percurso todo
- A) 0,24 m/s
 - B) 0,30 m/s
 - C) 0,34 m/s
 - D) 0,40 m/s
 - E) 3,5 m/s
2. No gráfico $s \times t$ de uma aula, as retas de dois carrinhos têm inclinações diferentes, a reta mais inclinada indica
- A) menor velocidade
 - B) maior velocidade
 - C) maior s_0
 - D) maior tempo de reação
 - E) maior atrito
3. Se $v = 0,30 \text{ m/s}$, o tempo para alcançar 1,50 m fica em torno de
- A) 3,0 s
 - B) 3,5 s
 - C) 4,4 s
 - D) 5,0 s
 - E) 0,34 s
4. O gráfico ajustado não passa exatamente na origem, isso ocorre porque
- A) o carrinho partiu acelerando
- B) o cronômetro começou ligeiramente depois do $s=0$
- C) o carrinho é pesado
- D) a régua estava errada
- E) a unidade está incorreta
5. A grandeza mais afetada pelo atraso de reação é
- A) a unidade
 - B) o s_0 estimado
 - C) a massa
 - D) a distância
 - E) a cor da fita
6. Em trechos iguais, tempos médios próximos indicam
- A) velocidade praticamente constante
 - B) aceleração grande
 - C) erro sistemático alto
 - D) atrito nulo
 - E) força resultante nula

	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA			NOTA
	Estrada do Pratiús S/N - Caponga – Cascavel – Ceará			
	Aluno:		Data:	
	Série: 1º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física
			Professor: Ronalt Gomes	

PRÉ-TESTE - EQUAÇÃO DO MOVIMENTO UNIFORME

1. A equação do espaço do MU é melhor representada por:
- A) $s = s_0 + v t$
 B) $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$
 C) $v = a t$
 D) $s = g t^2$
 E) $s = s_0 + a t^2$
- A) s
 B) m
 C) m/s
 D) m/s²
 E) N
2. Em $s(t) = s_0 + v t$, o termo s_0 significa:
- A) velocidade
 B) posição inicial
 C) aceleração
 D) tempo de reação
 E) massa
3. Se dois pontos do gráfico são ($t=2$ s, $s=0,80$ m) e ($t=4$ s, $s=1,48$ m), a velocidade estimada por dois pontos é:
- A) 0,17 m/s
 B) 0,24 m/s
 C) 0,34 m/s
 D) 0,40 m/s
 E) 0,68 m/s
4. Um gráfico $s \times t$ é uma reta que corta o eixo s em $s=0,10$ m, isso sugere:
- A) erro na unidade
 B) $s_0 \approx 0,10$ m
 C) $v \approx 0,10$ m/s
 D) aceleração constante
 E) atrito zero
5. A unidade de v no SI é:

	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA			NOTA	
	Estrada do Pratiús S/N - Caponga – Cascavel – Ceará				
	Aluno:		Data:		
	Série: 1º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física	
			Professor: Ronalt Gomes		

PÓS-TESTE - EQUAÇÃO DO MOVIMENTO UNIFORME

1. Um ajuste linear forneceu $v = 0,35 \text{ m/s}$ e $s_0 = 0,02 \text{ m}$, a previsão para $t = 4,0 \text{ s}$ é:
A) 1,20 m
B) 1,40 m
C) 1,42 m
D) 1,50 m
E) 1,60 m
2. Se o cronômetro for disparado um pouco antes do carrinho cruzar $s=0$, o s_0 estimado tende a:
A) ficar positivo
B) ficar negativo
C) virar zero
D) mudar a unidade
E) dobrar a velocidade
3. Em uma nova tomada, v mantém-se igual e s_0 aumenta, isso indica:
A) mais aceleração
B) partida um pouco à frente
C) erro de unidade
D) menor velocidade
E) tempo quadrático
4. Em um gráfico com pontos muito próximos da reta, o que podemos concluir:
A) o modelo MU não serve
B) a velocidade variou muito
C) o MU descreve bem o trecho
D) houve grande atrito
E) a massa mudou
5. Para alcançar $s = 1,50 \text{ m}$ com $v = 0,35 \text{ m/s}$ e $s_0 = 0,10 \text{ m}$, o tempo fica em torno de:
A) 3,5 s
B) 4,0 s
C) 4,5 s
D) 5,0 s
E) 0,35 s
6. O significado físico de s_0 é
A) a posição quando $t = 0$
B) a variação de espaço por segundo
C) a inclinação da reta
D) a aceleração
E) a massa do carrinho

	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA			NOTA
	Estrada do Pratiús S/N - Caponga – Cascavel – Ceará			
	Aluno:		Data:	
	Série: 1º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física
			Professor: Ronalt Gomes	

PRÉ-TESTE - MUV NO PLANO INCLINADO

1. Em rampa com carrinho solto sem empurrão, a grandeza que permanece aproximadamente constante é:
- A) posição
 - B) velocidade
 - C) aceleração
 - D) massa
 - E) força de atrito
2. A unidade de aceleração no SI é:
- A) m
 - B) s
 - C) m/s
 - D) m/s²
 - E) N·s
3. O gráfico $s \times t$ tende a ser curvo, já o gráfico $s \times t^2$ tende a:
- A) curva mais aberta
 - B) reta
 - C) parábola
 - D) círculo
 - E) exponencial
4. Se a inclinação do gráfico $s \times t^2$ é 0,20 m/s², a aceleração vale aproximadamente:
- A) 0,10 m/s²
 - B) 0,20 m/s²
 - C) 0,40 m/s²
 - D) 2,0 m/s²
 - E) 9,8 m/s²
5. Aumentar o calço da rampa tende a:
- A) reduzir a aceleração
 - B) manter igual
- C) aumentar a aceleração
D) inverter o movimento
E) zerar o atrito



EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA

Estrada do Pratiús S/N - Caponga – Cascavel – Ceará

Aluno:

Data:

Série: 1°

Turno: I

Disciplina: Física

Professor: Ronalt Gomes

PÓS-TESTE - MUV NO PLANO INCLINADO

- 1.** Em 0,30 m o tempo médio foi 1,23 s e em 1,50 m foi 2,74 s, estime a inclinação de s por t^2 usando dois pontos:

A) 0,10 m/s²
B) B) 0,15 m/s²
C) C) 0,20 m/s²
D) D) 0,34 m/s
E) E) 0,40 m/s²

2. Com a inclinação do item 1, a aceleração estimada fica em torno de:

A) 0,10 m/s²
B) B) 0,20 m/s²
C) C) 0,40 m/s²
D) D) 0,80 m/s²
E) E) 1,20 m/s²

3. Se o carrinho for “ajudado” na largada, o que tende a acontecer com o ajuste $s \times t^2$:

A) a reta some
B) a inclinação dobra automaticamente
C) aparece efeito de v_0 e o ajuste piora
D) nada muda
E) g muda

4. A rampa está desalinhada e a superfície tem resíduos, isso afeta mais:

A) s₀
B) a massa
C) a regularidade dos tempos e a dispersão
D) a unidade
E) a cor da fita

5. Em plano inclinado suave, qual estratégia melhora a qualidade dos dados:

A) usar um único tempo por ponto
B) soltar sem empurrão e repetir

C) aumentar demais a inclinação
D) medir só o último ponto
E) trocar m por cm para “aumentar” a precisão

6. Se a inclinação do gráfico $s \times t^2$ passa de 0,20 para 0,25 m/s² ao elevar o calço, a aceleração passa a

A) 0,25 m/s²
B) 0,30 m/s²
C) 0,40 m/s²
D) 0,50 m/s²
E) 0,80 m/s²

	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA			NOTA
	Estrada do Pratiús S/N - Caponga – Cascavel – Ceará			
	Aluno:		Data:	
	Série: 1º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física
			Professor: Ronalt Gomes	

PRÉ-TESTE - QUEDA LIVRE

1. Desprezando o ar, durante a queda a aceleração é aproximadamente: E) 0

- A) zero
- B) constante e igual a g
- C) variável e crescente
- D) negativa e crescente
- E) infinita

2. A unidade de g no SI é:

- A) m
- B) s
- C) m/s
- D) m/s^2
- E) N/kg

3. Em queda livre a relação entre espaço e tempo é melhor descrita por:

- A) $s \propto t$
- B) $s \propto t^2$
- C) $s \propto 1/t$
- D) $s \propto v$
- E) $s \propto m$

4. Dois objetos de massas diferentes, largados da mesma altura, chegam ao chão:

- A) em tempos muito diferentes
- B) ao mesmo tempo se o ar for desprezado
- C) sempre primeiro o mais pesado
- D) sempre primeiro o mais leve
- E) depende da cor

5. No gráfico $s \times t^2$ a inclinação idealmente vale:

- A) g
- B) $g/2$
- C) $2g$
- D) $1/g$

	EEMTI RONALDO CAMINHA BARBOSA			NOTA	
	Estrada do Pratiús S/N - Caponga – Cascavel – Ceará				
	Aluno:		Data:		
	Série: 1º	Turma:	Turno: I	Disciplina: Física	

PÓS-TESTE - QUEDA LIVRE

1. Um objeto cai 0,80 m em 0,40 s, estime g pelo modelo $s = \frac{1}{2} g t^2$:
- A) 8,0 m/s²
 - B) 9,0 m/s²
 - C) 10,0 m/s²
 - D) 12,0 m/s²
 - E) 16,0 m/s²
2. Em outra tomada, 1,20 m em 0,50 s, o g (em m/s²) estimado fica em torno de:
- A) 8,0
 - B) 9,6
 - C) 10,4
 - D) 12,0
 - E) 14,0
3. No gráfico $v \times t$ com v obtida por diferenças entre marcas próximas, a inclinação representa:
- A) s_0
 - B) v_0
 - C) g
 - D) massa
 - E) atrito
4. Duas melhorias simples para reduzir erro de reação em queda:
- A) usar alturas maiores e repetir as medidas
 - B) medir só uma vez e trocar a unidade
 - C) usar régua mais curta e começar antes
 - D) empurrar para acelerar
 - E) trocar m por cm
5. O ar começa a influenciar mais quando:
- A) as alturas são muito pequenas
 - B) as alturas são grandes e as velocidades crescem
- C) a massa aumenta
D) o cronômetro é digital
E) a régua é metálica
6. Se a inclinação do gráfico $s \times t^2$ é 4,9 m/s², o valor estimado de g (em m/s²) é:
- A) 2,45
 - B) 4,9
 - C) 7,8
 - D) 9,8
 - E) 19,6