



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 09

RAIMUNDO ALVES BEZERRA

**A PROBLEMÁTICA DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO COMO CONTEXTO
PARA O ENSINO DE FÍSICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NOS
TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS COM USO DO ARDUINO**

Mossoró-RN

2026

RAIMUNDO ALVES BEZERRA

**A PROBLEMÁTICA DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO COMO CONTEXTO PARA
O ENSINO DE FÍSICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NOS TRÊS
MOMENTOS PEDAGÓGICOS COM USO DO ARDUINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física em Ensino de Física da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes
Martins

Coorientadora: Profa. Dra. Erlania Lima de
Oliveira

Mossoró – RN

2026

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Bp Bezerra, Raimundo Alves.
A problemática dos acidentes de trânsito como contexto para o ensino de física: Uma sequência didática baseada nos três momentos pedagógicos com uso do arduino / Raimundo Alves Bezerra. - 2026.
153 f. : il.

Orientador: Rafael Castelo Guedes Martins.
Coorientadora: Erlânia Lima de Oliveira.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Física, 2026.

1. Física. 2. Acidente de Trânsito. 3. Arduino. 4. Três momentos pedagógicos. 5. Paulo Freire. I. Castelo Guedes Martins, Rafael, orient. II. Lima de Oliveira, Erlânia, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RAIMUNDO ALVES BEZERRA

**A PROBLEMÁTICA DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO COMO CONTEXTO
PARA O ENSINO DE FÍSICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NOS
TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS COM USO DO ARDUINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física em Ensino de Física da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 12 de fevereiro de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins - Orientador
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Taciano Amaral Sorrentino - Examinador Interno
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Jefferson Soares da Costa - Examinador Externo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dedico este trabalho aos estudantes das escolas públicas do Brasil, que cada um encontre, na sala de aula, a porta aberta para o conhecimento, e que a educação seja sempre caminho de liberdade, dignidade e emancipação humana.

AGRADECIMENTOS

Chegar ao término de mais uma etapa é motivo de gratidão a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o caminho percorrido.

A Deus, meu guia seguro nos momentos mais desafiadores, por sustentar minha fé e revelar, através de gestos concretos, seu poder e cuidado sobre minha vida.

À minha esposa, Karla, e aos meus filhos, Emanuel e Victor, pela compreensão diante da minha ausência em importantes momentos familiares, em razão dos compromissos acadêmicos. O amor, o carinho e o apoio de vocês são minha força para enfrentar os desafios de cada fase da vida.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins e Profa. Dra. Erlania Lima de Oliveira, pela dedicação, rigor científico e valiosas contribuições que permitiram transformar este estudo da teoria à prática.

Aos professores e colegas do curso, pela troca de experiências e pelos enriquecedores debates. Construímos, ao longo dessa trajetória, uma relação de respeito, cooperação e amizade. Valeu, turma! Desejo sucesso a cada um de vocês.

Ao núcleo gestor e aos alunos da Escola Estadual Manuel Matoso Filho, pela receptividade e colaboração na aplicação do produto educacional que fundamenta esta pesquisa. Agradeço, de modo especial, ao professor de Física José Reuben Moreira, pela acolhida em suas aulas, pela abertura para observação e aplicação das atividades, e pela generosa contribuição para concretização deste trabalho.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, pela estrutura acadêmica disponibilizada, pelo apoio contínuo durante esta jornada e pela oportunidade de realizar um mestrado na área do conhecimento que tanto amo, o ensino da física.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001 pelo apoio à realização dessa pesquisa.

RESUMO

O presente estudo apresenta uma proposta de produto educacional desenvolvida com turmas da terceira série do Ensino Médio, com o objetivo de orientar o planejamento docente e promover a aplicação do conhecimento científico da Física em contextos reais e socialmente significativos. A proposta utiliza o cenário dos acidentes de trânsito como recurso didático, por meio de simulações realizadas com carros robôs programados com Arduino, integrando conceitos físicos ao cotidiano dos estudantes e tornando o processo de aprendizagem mais contextualizado e significativo. A sequência didática fundamenta-se na abordagem dos Três Momentos Pedagógicos, estruturados como investigação inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento, em consonância com as concepções de Paulo Freire e sua sistematização no Ensino de Ciências. Na etapa de investigação inicial, são mobilizadas situações-problema relacionadas ao trânsito, visando identificar concepções prévias e despertar o interesse dos alunos. Na organização do conhecimento, são trabalhados e sistematizados os conceitos fundamentais da Mecânica Clássica, tais como velocidade média e instantânea, aceleração, força, leis de Newton, atrito, energia e dinâmica de colisões, essenciais para a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos em acidentes de trânsito. Por fim, na aplicação do conhecimento, os estudantes utilizam esses conceitos para analisar e interpretar novas situações, ampliando a compreensão crítica da realidade e favorecendo a tomada de decisões conscientes no contexto do trânsito. Os resultados indicam que o ensino de Física articulado à robótica educacional e a situações reais favorece a apropriação ativa do conhecimento, o desenvolvimento da autonomia intelectual e a reflexão sobre temas que impactam diretamente a vida em sociedade, como a responsabilidade no trânsito e a preservação da vida. Dessa forma, o uso de carros robôs programáveis no ensino de Física ultrapassa a mera aplicação de fórmulas e leis, configurando-se como uma prática pedagógica crítica, contextualizada e socialmente comprometida.

Palavras-chave: Física do Trânsito, Arduino, Três Momentos Pedagógicos, Ensino de Física.

ABSTRACT

This study presents a proposal for an educational product developed with third-year high school students, aiming to support teachers' instructional planning and to promote the application of scientific knowledge in Physics within real and socially meaningful contexts. The proposal uses traffic accidents as a didactic scenario, through simulations carried out with robot cars programmed using Arduino, integrating physics concepts into students' everyday experiences and making the learning process more contextualized and meaningful. The didactic sequence is grounded in the Three Pedagogical Moments approach, structured as initial investigation, organization of knowledge, and application of knowledge, in accordance with Paulo Freire's educational conceptions and their systematization in Science Education. During the initial investigation stage, traffic-related problem situations are introduced in order to identify students' prior conceptions and to foster engagement. In the organization of knowledge stage, the fundamental concepts of Classical Mechanics are developed and systematized, such as average and instantaneous velocity, acceleration, force, Newton's laws, friction, energy, and collision dynamics, which are essential for understanding the physical phenomena involved in traffic accidents. Finally, in the application of knowledge stage, students use these concepts to analyze and interpret new situations, expanding their critical understanding of reality and encouraging conscious decision-making in traffic-related contexts. The results indicate that Physics teaching articulated with educational robotics and real-world contexts promotes active knowledge appropriation, the development of intellectual autonomy, and reflection on issues that directly affect social life, such as traffic responsibility and the preservation of life. Thus, the use of programmable robot cars in Physics education goes beyond the mere application of formulas and laws, constituting a critical, contextualized, and socially committed pedagogical practice.

Keywords: Traffic Physics, Arduino, Three Pedagogical Moments, Physics Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Croqui de uma situação em acidente de trânsito	26
Figura 2 – Carros robôs programados por Arduino	45
Figura 3 – Medição da altura da inclinação da mesa (0,31 m)	48
Figura 4 – Medição do comprimento da mesa (0,90 m)	48
Figura 5 – Leitura do dinamômetro digital	49
Figura 6 – Simulação do acidente de trânsito	63
Figura 7 – Alunos posicionados para medição do tempo e posição da trajetória simulada...	64
Figura 8 – Identificação do causador do acidente simulado	67
Figura 9 – Compreensão do papel da física no acidente de trânsito	69
Figura 10 – Percepção dos alunos sobre as causas dos acidentes de trânsito	70
Figura 11 – Compreensão das forças envolvidas na colisão	71
Figura 12 – Percepção do papel da física no acidente de trânsito	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Especificações dos componentes do carro robô.....	46
Quadro 2 – Quadro de predição com as respostas dos alunos.....	59
Quadro 3 – Quadro das respostas das perguntas geradoras no momento da Organização do Conhecimento	61
Quadro 4 – Tabela de dados coletados durante o experimento	64
Quadro 5 – Quadro das velocidades e quantidade de movimento.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3MP – Três Momentos Pedagógicos

ABS – Sistema de Freios Antitravamento

AC – Aplicação do Conhecimento

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

COVID-19 – Doença causada por coronavírus identificada em 2019

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

OC – Organização do Conhecimento

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

ONSV – Observatório Nacional de Segurança Viária

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais

PEFOCE – Perícia Forense do Estado do Ceará

PI – Problemática / Investigação Inicial

SENATRAN – Secretaria Nacional de Trânsito

TDIC – Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

TPACK – *Technological Pedagogical Content Knowledge* (Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 A ESCOLA COMO ESPAÇO DE FORMAÇÃO PARA O TRÂNSITO SEGURO	20
2.1 O que apontam os principais indicadores em acidentes de trânsito.....	20
2.2 Prevenção e os custos sociais decorrentes dos acidentes de trânsito	21
3 A FÍSICA DO ACIDENTE DE TRÂNSITO.....	25
3.1 Fundamentos físicos do trânsito: contribuições da Mecânica.....	27
3.2 Velocidade média e velocidade instantânea no trânsito	28
3.2.1 Cinemática: a descrição do movimento	28
3.2.2 Dinâmica: entendendo as causas do movimento.....	29
3.2.3 As Leis de Newton e sua importância na Mecânica Clássica	29
3.2.4 A força de atrito e seus efeitos no movimento	30
3.2.5 Quantidade de movimento	31
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA.....	32
4.1 Teoria dos Três Momentos Pedagógicos	32
4.2 Ensino de Física: mediação docente, tecnologia e aprendizagem	34
4.3 Arduino como recurso didático	41
4.4 Desenvolvimento do aparato tecnológico: Os carrinhos robôs autônomos	45
4.5 Caracterização da pesquisa	49
4.6 População e Amostra.....	50
4.7 Descrição da intervenção pedagógica e resumo das aulas.....	50
4.8 Instrumentos de coleta de dados	55
4.9 Procedimentos de análise dos dados	57
5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL E RESULTADOS.....	59
5.1 Análise dos dados/resultados e relato das aulas.....	59
5.1.1 Levantamento de hipóteses: Investigação Inicial.....	59
5.1.2 Organização do conhecimento	60
5.1.3 Aplicação do Conhecimento	62

5.2 Percepção e Aprendizagem dos Estudantes	67
5.3 Impacto da Metodologia.....	77
6 CONCLUSÕES.....	80
REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO DA MONTAGEM DOS CARRINHOS ROBÔS.....	86
APÊNDICE B – REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS AULAS.....	88
APÊNDICE C – AMOSTRA DAS RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS	92
APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL	98

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa teve origem em observações e inquietações decorrentes da experiência profissional do professor-pesquisador, construídas a partir do exercício da docência em Física e da atuação como Perito Criminal da Perícia Forense do Estado do Ceará (PEFOCE). No âmbito educacional, a atuação ocorre na Escola de Ensino Médio Manuel Matoso Filho, localizada no município de Russas–CE, enquanto, no campo da perícia criminal, integra-se o Núcleo da PEFOCE, sediado no mesmo município, situado a aproximadamente 162 km da capital Fortaleza. Inaugurado em 18 de abril de 2018, esse núcleo é responsável pelo atendimento de ocorrências em 18 municípios da região do Baixo Jaguaribe, área caracterizada por uma extensa malha viária composta por rodovias estaduais (CEs) e pela BR-116, configurando-se, portanto, como uma região particularmente suscetível à ocorrência de acidentes de trânsito. Nesse contexto, a prática pedagógica desenvolvida orienta-se pela valorização do ensino da Física articulado ao cotidiano, buscando possibilitar aos estudantes a compreensão dessa ciência como parte integrante das situações e fenômenos vivenciados no dia a dia, por meio da proposição de estratégias pedagógicas que favoreçam uma aprendizagem significativa.

De acordo com dados do Anuário 2024 – PRF (BRASIL, 2025) o Brasil registra números como sendo um dos países mais violentos do mundo, em mortes no trânsito. Assim, se justifica a realização de estudos que tragam a abordagem do tema na base educacional das escolas brasileiras, sejam elas públicas ou privadas, visando a formação de cidadãos conscientes de sua atuação para segurança no trânsito.

Os acidentes de trânsito configuram-se como um grave problema social e de saúde pública em escala mundial, sendo responsáveis por elevados índices de mortalidade, especialmente entre jovens e adultos em idade produtiva. De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 1,25 milhão de pessoas morrem anualmente em decorrência de acidentes de trânsito, sendo aproximadamente metade das vítimas composta por usuários vulneráveis das vias, como pedestres, ciclistas e motociclistas (OMS, 2023).

Diante da magnitude desse cenário, a segurança no trânsito passou a integrar a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU). Entre suas metas específicas, destaca-se o compromisso de reduzir pela metade o número global de mortes e lesões causadas por acidentes de trânsito, reconhecendo a urgência de ações articuladas que envolvam políticas públicas, infraestrutura viária, fiscalização e sobretudo, processos educativos voltados à formação de condutores e pedestres mais

conscientes (ONU, 2023).

No Brasil, os acidentes de trânsito acarretam elevados prejuízos econômicos e sociais. Estimativas indicam um custo anual da ordem de R\$ 105 milhões, decorrente, entre outros fatores, de perdas de produtividade, gastos médicos e hospitalares, despesas com a previdência social, custos legais, danos materiais, seguros e atendimentos de emergência (SILVA, 2017). Esses impactos evidenciam que os acidentes de trânsito extrapolam a esfera individual, configurando-se como um problema de grande relevância econômica e social.

Diversos estudos indicam que os acidentes não decorrem apenas de fatores casuais, mas resultam de uma combinação complexa de elementos humanos, ambientais e técnicos, na qual decisões tomadas em frações de segundo exercem papel determinante no desfecho do acidente.

Nesse sentido, Vizzotto, Mackedanz e Miranda (2017) destacam que a condução segura de veículos não se limita ao domínio de habilidades técnicas, mas exige, sobretudo, a compreensão e a aplicação consciente de conhecimentos científicos que permitem interpretar o comportamento dos veículos e as condições do trânsito. Para os autores, o entendimento de princípios científicos, ainda que considerados elementares, desempenha uma função importante na prevenção de situações de risco e de acidentes, ao embasar decisões mais seguras por parte de condutores e pedestres, contribuindo para a redução da gravidade das ocorrências e para a construção de uma convivência viária mais segura e responsável.

Assim, a Física opera como base conceitual indispensável para avaliar os limites e os efeitos decorrentes dessas decisões, ao esclarecer aspectos relativos à velocidade, ao atrito, à energia cinética e ao impulso. Esses conceitos permitem compreender, por exemplo, por que o aumento da velocidade eleva de forma não linear a gravidade dos impactos, por que a eficiência da frenagem depende das condições de atrito entre pneu e asfalto e por que dispositivos de segurança, como o cinto de segurança e o *airbag*, reduzem lesões ao aumentar o tempo de desaceleração durante uma colisão.

Apesar da relevância das relações físicas envolvidas no trânsito, Vizzotto e Mackedanz (2017) evidenciam que tais conceitos raramente são assimilados pelos condutores. A dificuldade em compreender e aplicar conhecimentos físicos básicos contribui, assim, para a adoção de comportamentos de risco, revelando um distanciamento significativo entre o conhecimento científico e sua aplicação em situações reais. No referido estudo, os autores realizaram uma revisão da produção nacional sobre a temática Física aplicada ao trânsito, com base em publicações de periódicos e repositórios acadêmicos no período de 2005 a 2016. Contudo, a revisão também evidencia a escassez de pesquisas na área, o que expõe um descompasso entre o processo de ensino e aprendizagem da Física e as demandas e necessidades

da sociedade; tal desarticulação reforça a necessidade de ampliar propostas pedagógicas fundamentadas em situações-problema que integrem a Física ao contexto do trânsito, fortalecendo o papel social da disciplina na formação de cidadãos conscientes.

À luz dessas evidências, o trânsito configura-se como um tema real e socialmente significativo, dotado de elevado potencial pedagógico por possibilitar a articulação entre conceitos científicos e a experiência cotidiana dos estudantes. Nessa perspectiva, Ferreira (2014) argumenta que a integração da Física a situações do cotidiano, como aquelas relacionadas ao trânsito, torna o processo de aprendizagem mais relevante e significativo, ao mesmo tempo em que contribui para a formação de cidadãos mais conscientes e prudentes, favorecendo a promoção da segurança viária.

De forma complementar, Vizzotto (2014) reforça essa abordagem ao afirmar que a aplicação de conceitos físicos a situações reais amplia a probabilidade de sua compreensão pelos estudantes, destacando ainda o papel social da escola na formação e conscientização dos jovens. Para o autor, a educação deve ultrapassar o domínio técnico dos conteúdos, contemplando também as responsabilidades individuais e coletivas, as normas de convivência no trânsito e a compreensão dos direitos e deveres de todos os usuários das vias públicas.

Com base nessa concepção, o ensino de Física deixa de se restringir à transmissão de conteúdos formais e passa a assumir uma função formativa ampliada, na qual o conhecimento científico é mobilizado como instrumento para interpretar e problematizar situações concretas do cotidiano, como aquelas vivenciadas no contexto do trânsito. Tal abordagem favorece a construção de sentidos para os conteúdos escolares e contribui para o desenvolvimento de uma postura mais crítica e responsável por parte dos estudantes.

Alinhada a essa orientação pedagógica, a experimentação assume papel central no ensino de Física, especialmente quando concebida sob uma abordagem investigativa. Nesse formato, a prática experimental contribui para a superação de metodologias transmissivas tradicionais, ao promover o envolvimento ativo dos estudantes na análise de dados, na elaboração de explicações e no desenvolvimento de competências científicas fundamentais, como a observação, a formulação de hipóteses e a interpretação de fenômenos.

Nesse contexto, entre as tecnologias educacionais emergentes, destaca-se o Arduino, uma plataforma de código aberto (open source) que se apresenta como uma alternativa viável no âmbito educacional (SILVA; SOUZA; KALHIL, 2021). Essa tecnologia possibilita o registro de grandezas físicas, o controle de atuadores e a construção de protótipos experimentais, favorecendo a experimentação científica de baixo custo. Ademais, o uso do Arduino contribui para a inserção dos estudantes em ambientes de programação e robótica,

ampliando as possibilidades de aprendizagem ativa, investigativa e contextualizada no ensino de Física (MOREIRA, 2019).

Com base nesse cenário, propõe-se o desenvolvimento de um carro robô programado com Arduino, utilizado como ferramenta pedagógica acessível e versátil para o ensino da Física aplicada ao trânsito. Equipado com sensores para a medição de grandezas como velocidade, o dispositivo possibilita uma abordagem prática e experimental de conceitos fundamentais da Mecânica, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico e conectado à realidade dos estudantes. A proposta experimental visa possibilitar a discussão, de forma concreta, dos limites físicos envolvidos no movimento veicular e de sua relação com situações reais do trânsito, tais como mudanças de faixa, realização de curvas, presença de superfícies escorregadias e condições meteorológicas adversas.

Diante do exposto, o objetivo geral do estudo é investigar como o uso do Arduino pode facilitar a aprendizagem da Física do trânsito, com simulações de acidentes de trânsito em sala de aula. Os objetivos específicos buscam abordar conceitos físicos, realizar atividades práticas aplicando a metodologia dos Três momentos pedagógicos de Paulo Freire. Dentre eles, estão: Investigar as experiências cotidianas dos estudantes com o trânsito, identificando conhecimentos prévios sobre movimento, velocidade e segurança viária, a partir de relatos, observações e debates em sala de aula (Momento 1 – Investigação inicial).

Analisar criticamente situações reais do trânsito urbano, relacionando-as aos conceitos físicos de cinemática e dinâmica, por meio de questionamentos que envolvam causas de acidentes, excesso de velocidade e tempo de reação (Momento 2 – Organização do Conhecimento).

Construir e programar carros robôs com Arduino, aplicando os conceitos físicos de forma prática, a fim de compreender como velocidade, aceleração e forças atuam no deslocamento de veículos (Momento 3 – Aplicação do conhecimento).

A dissertação está estruturada em cinco capítulos. No Capítulo I – Introdução, são apresentados: a contextualização do tema, a justificativa da pesquisa, o problema de pesquisa e os objetivos, geral e específicos.

No Capítulo II, intitulado *A escola como espaço de formação para o trânsito seguro*, são discutidas as razões que tornam indispensável o estudo dos acidentes de trânsito no contexto escolar. Inicialmente, apresentam-se os principais indicadores de mortalidade, lesões e danos materiais, evidenciando o impacto crescente dessa problemática na sociedade e seu enquadramento como uma questão educacional. Em seguida, o capítulo aborda como grande parte desses acidentes poderia ser evitada por meio de ações educativas, campanhas

preventivas, do cumprimento das leis de trânsito e, sobretudo, da formação de cidadãos conscientes dos princípios físicos envolvidos em situações de trânsito.

No Capítulo III, intitulado *A Física do acidente de trânsito*, apresenta os fundamentos teóricos da Mecânica clássica necessários para a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos nas situações de trânsito. Inicialmente, são discutidas as contribuições da Física para a análise do movimento dos veículos, destacando conceitos como velocidade média e velocidade instantânea no contexto do deslocamento no trânsito. Em seguida, são abordados elementos da Cinemática, responsáveis pela descrição do movimento, e da Dinâmica, que busca compreender as causas que produzem ou modificam esse movimento. O capítulo também discute a importância das Leis de Newton para a interpretação das interações entre os corpos, bem como o papel da força de atrito na movimentação e na frenagem dos veículos. Por fim, apresenta-se o conceito de quantidade de movimento, fundamental para a análise de colisões e para a compreensão dos efeitos físicos envolvidos em acidentes de trânsito. O Arduino, enquanto recurso didático, é utilizado como mediador do processo de ensino e aprendizagem, orientando o desenvolvimento das atividades propostas ao longo dos três momentos pedagógicos.

No Capítulo IV, intitulado *Fundamentação teórico-metodológica*, apresenta-se a abordagem dos Três Momentos Pedagógicos, fundamentada nas contribuições de Paulo Freire e sistematizada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco. Essa proposta organiza o processo de ensino e aprendizagem em três etapas: investigação inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento, que são explicados teoricamente neste capítulo e na prática no produto educacional. Também, são descritos os dados e a metodologia da pesquisa, caracterizando o tipo de investigação, a população e a amostra. Apresenta-se a intervenção pedagógica desenvolvida, os instrumentos de coleta de dados utilizados e os procedimentos adotados para a análise qualitativa dos dados.

No Capítulo V, realiza-se *a aplicação do produto educacional e seus resultados*, incluindo o roteiro completo das aulas, estruturadas com base nos Três Momentos Pedagógicos, bem como a apresentação dos instrumentos de coleta de dados, em especial os questionários utilizados na pesquisa. O capítulo se dedica à análise dos resultados obtidos, a partir do desenvolvimento do ensino da Física no contexto do trânsito, com o uso do recurso didático de carros robôs programados por Arduino, abordando conteúdos como as Leis de Newton, o movimento uniforme e acelerado, a força de atrito e a conservação da energia. Ademais, são analisados os fatores físicos que contribuem para a ocorrência de acidentes de trânsito, discutindo-se a aplicação dos conceitos de Física em situações cotidianas e

destacando-se a importância do conhecimento físico para a prevenção de acidentes.

Este trabalho emprega uma abordagem experimental e aplicada, visando ao desenvolvimento e à implementação de um protótipo de carro robô controlado por Arduino, destinado ao ensino de conceitos fundamentais de física, como velocidade, aceleração, força e momento linear. A metodologia está estruturada em etapas sequenciais que incluem revisão bibliográfica, planejamento do projeto, seleção e justificativa dos componentes, construção do protótipo, programação, testes e validação, além de análise dos resultados obtidos.

Para a revisão bibliográfica e fundamentação teórica, realizou-se, inicialmente, um estudo acerca do uso de plataformas de prototipagem baseadas em microcontroladores no ensino de Física, com ênfase na aplicação do Arduino em projetos educacionais de baixo custo. Foram consultadas fontes como Ferreira e Gonçalves (2014), que destacam a importância de articular os conceitos físicos ao cotidiano dos alunos, bem como estudos relacionados à prototipagem com Arduino e à robótica educacional. Essa etapa possibilitou a fundamentação teórica do projeto e orientou a seleção dos componentes e das técnicas empregadas.

A discussão sobre a segurança no trânsito, articulada ao ensino de Física, adquire relevância quando compreendida a partir do papel social da escola (FREIRE, 1987, 1992, 1996; SAVIANI, 2008; LIBÂNEO, 1994) e do compromisso com uma formação crítica e cidadã. Indicadores apontam que os acidentes de trânsito provocam impactos significativos à saúde pública e à economia (IPEA, 2003; OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA, 2023), reforçando a urgência de ações preventivas e educativas. Ademais, estudos recentes evidenciam que o ensino de Física, associado ao uso de tecnologias educacionais e à contextualização de problemas reais, contribui para a promoção de uma aprendizagem efetiva (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2007; BONFIM, 2018; MOREIRA, 2017), consolidando a escola como um espaço privilegiado para a abordagem de temas como velocidade, colisões e direção segura.

2 A ESCOLA COMO ESPAÇO DE FORMAÇÃO PARA O TRÂNSITO SEGURO

2.1 O que apontam os principais indicadores em acidentes de trânsito

De acordo com dados do Observatório Nacional de Segurança Viária, referentes ao ano de 2023, o Brasil registrou aproximadamente 34.881 mortes decorrentes de acidentes de trânsito, evidenciando a persistência de um grave problema de saúde pública e segurança viária no país. Esses números dialogam com o cenário global apresentado pela Organização das Nações Unidas, que aponta que os acidentes de trânsito resultam em cerca de 1,35 milhão de mortes por ano no mundo, sendo a principal causa de morte entre jovens de 5 a 29 anos.

Nesse contexto, a ONU estabelece como meta, por meio da Década de Ação pela Segurança no Trânsito (2021–2030), a redução de pelo menos 50% das mortes e lesões no trânsito, reforçando a necessidade de políticas públicas integradas, ações educativas e intervenções estruturais que promovam a segurança viária. Os dados mais recentes sobre mortalidade no trânsito no Brasil evidenciam profundas desigualdades regionais. Estados como Tocantins, Mato Grosso, Piauí e Rondônia apresentam as maiores taxas de mortes por 100 mil habitantes, alcançando índices que superam em até três vezes os registrados em unidades federativas mais seguras, como São Paulo e o Distrito Federal. Além disso, observa-se que a região Centro-Oeste concentra as maiores taxas proporcionais de mortalidade, seguida pelas regiões Norte e Nordeste, enquanto o Sudeste apresenta os menores índices, o que revela a influência de fatores estruturais, socioeconômicos e de infraestrutura viária na produção dos acidentes de trânsito no país (ONSV, 2023).

O Plano Global de década de ação contra os acidentes de trânsito (2021/2030) descreve que a infraestrutura viária segura é essencial para reduzir os traumatismos no trânsito. A infraestrutura viária deve ser planejada, projetada, construída e operada a fim de permitir a mobilidade multimodal, incluindo o transporte público/ compartilhado, e andar a pé e de bicicleta. Deve eliminar ou minimizar os riscos para todos os usuários da via, não apenas para os motoristas, começando pelos mais vulneráveis (ONU, AGENDA 2030).

A violência no trânsito tem “roubado” recursos que poderiam ser investidos em outras áreas do país. Com os custos provenientes dos acidentes de trânsito no Brasil, poderiam ser construídos 22 mil novos hospitais e triplicar o número de escolas no país. A cada 22 minutos uma pessoa morre no trânsito brasileiro. A cada minuto uma pessoa fica permanentemente sequelada por causa do trânsito. A maior parte dos acidentados, 60%, são homens jovens e desses 70% sofrem acidentes de motocicleta. Excesso de velocidade, direção sob o efeito de

álcool, cansaço do motorista, direção distraída e o não uso de cintos de segurança, sistemas de retenção para crianças e capacetes estão entre os principais comportamentos que contribuem para lesões e mortes nas vias (ONSV, 2023).

Diante dos dados expostos, percebe-se que a temática violência e organização do sistema viário é uma preocupação de organizações nacionais e internacionais. As cidades que crescem de maneira desordenada têm no trânsito violento um negativo potencial na elevação de índices que medem expectativa de vida e desenvolvimento social. Sendo que os números de mortos e mutilados refletem uma sociedade com baixos índices de educação e práticas de cidadania, pois anualmente são criadas novas leis que visam à redução destes números, como é o caso da lei seca, porém, o elevado número de acidentes ainda é um desafio para as autoridades que trabalham com fiscalização e aplicação destas leis.

2.2 Prevenção e os custos sociais decorrentes dos acidentes de trânsito

Entre as características particulares das causas de acidentes de trânsito, estão a sua complexidade e abrangência. Dentro destas causas estão reunidos diferentes tipos de agravo, que derivam da imprudência, negligência e imperícia e também do dolo eventual, que por terem gêneros diversos, também demandam intervenções muito diferentes. Desta forma é preciso estabelecer prioridades para a ação e prevenção, o que geralmente não se constitui em tarefa simples. Os resultados apresentados são relativos, porque, ao apresentar a causa de internações que representam maior custo para os cofres públicos, podem auxiliar na seleção de prioridades de intervenção (SILVA, 2017).

À luz dos conhecimentos atuais, a maioria das lesões pode ser prevenida, em relação aos acidentes de trânsito, a utilização de cinto de segurança nos carros, melhor sinalização das vias e as campanhas educativas sobre a associação do consumo do álcool e o risco aumentado de acidentes de trânsito, incentivo a direção responsável, tudo isso, se constituem em bons exemplos de medidas preventivas. Diante do fato de que os acidentes de trânsito estão fortemente relacionados com falhas humanas, a despeito das limitações operacionais, o novo Código tem o grande mérito de contribuir para tornar o motorista brasileiro mais consciente e responsável ao volante (SILVA, 2017).

A implementação de um programa de educação no trânsito, que implique uma nova noção de cidadania, é imprescindível. É também necessário um controle da propaganda, tanto daquela que associa velocidade à vitalidade e à saúde, como da que associa ingestão de bebidas alcoólicas a liberdade e ao prazer. Além da possibilidade de punir o infrator, o novo

Código prevê a questão da educação no trânsito, que exigirá um esforço considerável de integração de vários órgãos federais, estaduais e municipais, como o Ministério do Transporte, da saúde, da educação, do trabalho, da justiça, e o sistema único da saúde. É previsto que as escolas de ensino fundamental, médio e universidades. Contemplem vários tipos de atividades nesse sentido. A educação é o instrumento capaz de formar cidadãos mais conscientes e preparados para enfrentar a vida e o trânsito (SILVA, 2017).

Algumas drogas para tirar o sono podem fazer o condutor dormir de olhos abertos. É importante que fabricantes e comerciantes estejam juntos com a sociedade na luta contra o álcool nas estradas. Dentre as medidas para se sobressair precavidamente na direção de veículos automotores, estar em direção defensiva que é dirigir com objetivo de prevenir acidentes atentos as ações incorretas de outros motoristas e das possíveis condições adversas da pista e do tempo. Trata-se da prática de dirigir com segurança, reduzindo a possibilidade de se envolver em acidentes de trânsito. Para que um motorista desenvolva bem a função de se portar como um bom condutor, deverá primeiro conhecer as leis do trânsito; usar sempre cinto de segurança; conhecer detalhadamente o veículo; manter seu veículo sempre em boas condições de funcionamento; fazer a previsão da possibilidade de acidentes; e seja capaz de evitá-lo; tomar decisões corretas com rapidez nas situações de perigo; não aceitar desafios ou provocações no trânsito; não dirigir cansado, sob efeito de álcool e drogas e não abusar da autoconfiança para não colocar a sua e nem a de outros em riscos (SILVA, 2017).

De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 1,25 milhão de pessoas morrem no mundo, por ano, em acidentes de trânsito, e desse total, metade das vítimas são pedestres, ciclistas e motociclistas. Um dos objetivos da Agenda para o Desenvolvimento Sustentável 2030 é sobre segurança no trânsito, que prevê reduzir para a metade o número global de mortes e lesões causadas por acidentes de trânsito até 2020. A agenda é um plano de ação global que reúne 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e 169 metas, criados para erradicar a pobreza e promover vida digna a todos, dentro das condições que o nosso planeta oferece e sem comprometer a qualidade de vida das próximas gerações (ONU, 2023).

O Brasil tem prejuízo anual de R\$ 105 milhões com acidentes de trânsito. São custos com perdas em produção, custos 33 médicos, previdência social, custos legais, perdas materiais, despesas com seguro e custos com emergências entre outros. Nos Estados como Rio de Janeiro em que os acidentes por excesso de velocidade chegam a um percentual de 41% dos acidentes, seguido por São Paulo, com 28% e Brasília com 21% dos acidentes. Os atropelamentos são responsáveis por 36% das mortes nas estradas brasileiras. O pedestre só tem chance de

sobreviver se o veículo estiver a 30 Km/h, se o motorista estiver dirigindo a uma velocidade de 40 Km/h, a chance de óbito vai ser para 15%, a 60 Km/h, a chance de morte cresce assustadoramente, vai para 70%, e caso o pedestre seja apanhado a 80 Km/h, provavelmente não terá qualquer chance de sobreviver (SILVA, 2017).

O trânsito brasileiro é o quarto mais violento do continente americano, segundo dados divulgados pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Dentro do País, São Paulo é o Estado com maior número de óbitos no trânsito, e dirigir alcoolizado é a segunda maior causa. Pensando em diminuir o número de acidentes, foi publicada a Lei Ordinária 13.546/2017, do Código de Trânsito Brasileiro, que aumenta a punição para o motorista que causar morte dirigindo alcoolizado. Ou seja, a pena, que antes era de 02 a 04 anos de detenção, passa para 05 a 08 anos de reclusão (ONU, 2023).

Atualmente, organizações nacionais e internacionais consideram os índices em acidentes no trânsito como problema de saúde pública, sendo que muitos poderiam ser evitados e leva grande parte dos recursos destinados à saúde pública no Brasil. Estes gastos envolvem a soma dos custos com recursos humanos e materiais do atendimento e tratamento das vítimas de acidentes de trânsito. Os custos se iniciam com o transporte das vítimas, do local do acidente até o hospital ou pronto-socorro. Inclui ainda, o custo da utilização de equipamentos especiais, medicamentos, insumos e do deslocamento das equipes de resgate, com veículos e profissionais especializados (ambulâncias, médicos, paramédicos). Assim, o sistema público de saúde está presente da chegada ao hospital até o momento da alta ou do óbito. Sendo que na maioria dos casos se faz necessário recorrer aos programas de reabilitação, que compreendem os mais diversos tipos de terapias (ONU, 2023).

Segundo o último comparativo divulgado pelo Observatório Nacional de Segurança Viária a violência no trânsito tem “roubado” recursos que poderiam ser investidos em outras áreas do país. Com os custos provenientes dos acidentes de trânsito no Brasil, poderiam ser construídos 22 mil novos hospitais e triplicar o número de escolas no país (OSV, 2017).

O relatório do IPEA (2025) também contabilizou custos materiais condicionados aos veículos envolvidos nos acidentes, demonstrando que, nesse caso, contando com remoção, danos materiais e perda de carga, o tipo de veículo pode alterar o dano financeiro do acidente. Uma motocicleta envolvida em um acidente com vítimas, pode custar quase R\$ 2.750, já um automóvel, nas mesmas condições, pode chegar a custar mais de R\$ 12 mil.

Outro fator importante a destacar são os custos com reposição ou recuperação da sinalização danificada ou destruída em função de acidentes de trânsito. Consiste em elementos tais como postes de sustentação de sinalização, placas de sinalização, equipamento semafórico

IPEA (2025).

Para a economia do país os impactos ainda são maiores. Para as empresas os custos correspondem às perdas econômicas sofridas pela interrupção temporária ou permanente das atividades produtivas de um trabalhador, ou sua substituição durante o tempo não trabalhado. Já os custos previdenciários aplicam-se às pessoas inseridas nos mercados formal e informal de trabalho, que impedidas de trabalhar de forma temporária ou permanente, são mantidas parcialmente pela Previdência Social que deverá absorver as despesas com pensões e benefícios. Em consequência da busca pela garantia da responsabilidade civil e penal dos acidentes de trânsito, bem como a concessão das pensões e benefícios, que quando negados há a necessidade de recurso na justiça, desse modo, temos um aumento de casos que superlotam a estrutura judicial em função de acidentes de trânsito IPEA (2025).

Por fim, o impacto do acidente no círculo familiar das vítimas. É representado, principalmente, pelo tempo gasto por familiares, para sua eventual produção cessante e por adaptações na estrutura familiar (moradia, transporte) e até mesmo nas relações familiares, pois nos casos mais graves a vítima terá necessidades especiais, sendo necessária a permanência de um cuidador IPEA (2025).

A partir do cenário apresentado, torna-se evidente que estudar sobre trânsito nas escolas é uma necessidade social urgente, e não apenas um conteúdo complementar. Os dados mostram que os acidentes de trânsito geram elevadas perdas humanas e econômicas, provocando mortes evitáveis, internações, incapacidades permanentes e altos custos para o sistema público de saúde, previdência social e empresas.

Assim, compreender os fatores que contribuem para os acidentes, como imprudência, negligência, uso de álcool, excesso de velocidade e desconhecimento das leis, é fundamental para que crianças e jovens construam atitudes responsáveis e preventivas desde cedo. Ao inserir a temática do trânsito no ambiente escolar, promove-se a formação de cidadãos mais conscientes, capazes de tomar decisões seguras, respeitar a vida no espaço público e contribuir para a redução de mortes e gastos sociais. Dessa maneira, a educação para o trânsito se apresenta como um investimento na defesa da vida, no bem-estar coletivo e na melhoria das condições socioeconômicas do país, repercutindo diretamente na construção de uma sociedade mais segura e humana.

3 A FÍSICA DO ACIDENTE DE TRÂNSITO

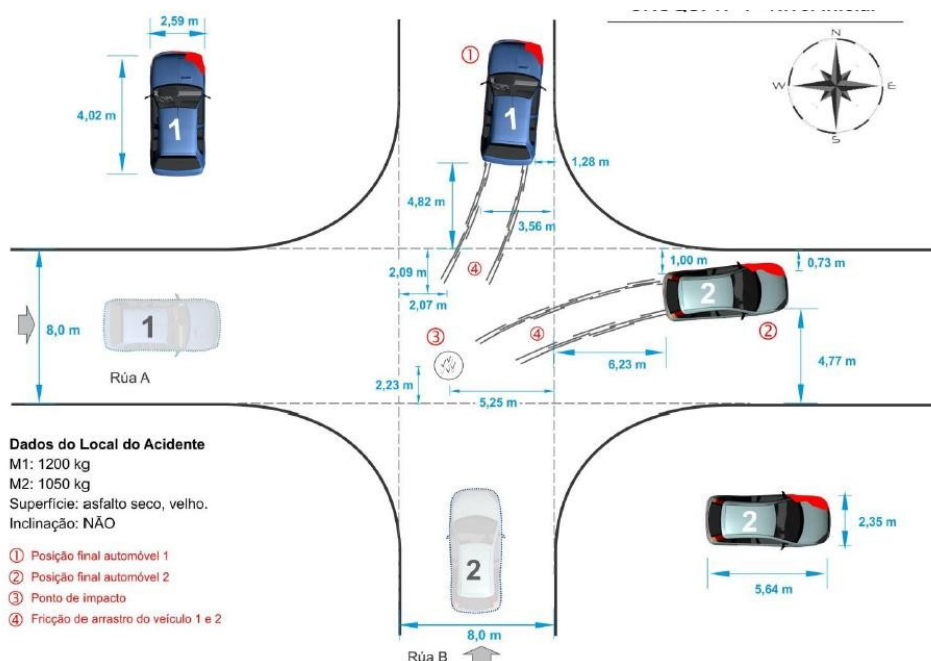
O tempo em que vivemos caracteriza-se por uma dinâmica acelerada, que tem impactado diretamente os processos de ensino e aprendizagem. No contexto educacional contemporâneo, observa-se que muitos conteúdos são apresentados de forma cada vez mais rápida, frequentemente sem a devida problematização de suas fundamentações conceituais. No ensino de Física, essa prática torna-se particularmente preocupante, uma vez que a compreensão dos fenômenos físicos exige não apenas a exposição de fórmulas e leis, mas também uma contextualização consistente, capaz de atribuir significado aos conceitos abordados e de despertar o interesse dos estudantes. Nesse sentido, a contextualização bem fundamentada constitui um dos principais elementos motivadores do aprendizado em Física.

A Física aplicada à análise de acidentes de trânsito, frequentemente denominada cinemática forense, constitui um campo do conhecimento que permite transformar vestígios deixados no local do acidente em evidências materiais, possibilitando a reconstrução dos fatos ocorridos. A partir da análise de marcas de frenagem, deformações veiculares, posições finais dos veículos e demais indícios físicos, torna-se possível extrair informações relevantes sobre a dinâmica do evento. Surge, assim, a questão central: como extrair a Física presente nesse cenário e traduzi-la em conhecimento científico significativo para o contexto educacional?

O croqui apresentado a seguir foi elaborado como parte de um laudo pericial desenvolvido pelo Núcleo da PEFOCE, localizado no município de Russas, na região do Vale do Jaguaribe, sendo construído pelo próprio autor.

Esse instrumento seguiu as etapas do produto educacional proposto neste trabalho e tem como finalidade principal a visualização e compreensão do evento ocorrido. O croqui do local do acidente, quando analisado em conjunto com o laudo pericial, oferece uma visão abrangente dos fatos, auxiliando na interpretação da dinâmica do acidente, especialmente em ocorrências de trânsito. Na Figura 1, apresenta-se um exemplo desse tipo de representação, que se configura como elemento fundamental para a análise e compreensão do evento investigado.

Figura 1 – Croqui de uma situação em acidente de trânsito



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O croqui acima representa uma Colisão em Cruzamento Ortogonal ocorrida em um cruzamento de vias urbanas (Rua A e Rua B), ambas com largura de 8,0 m. Para o Perito criminal, o acidente não é um evento fortuito ou fruto do acaso, mas sim a consequência determinística da interação de corpos físicos sob a regência de leis da física. Nessa óptica, o veículo deixa de ser apenas um meio de transporte e passa a ser analisado como um corpo rígido sujeito a forças externas e internas.

Como as massas dos veículos 1 e 2 são similares, o perito aplicará no cálculo correspondente o princípio de conservação da quantidade de movimento. Para isso requer previamente definir os seguintes dados a calcular:

1. A distância de projeção o deslocamento do veículo 1 desde o ponto de impacto até a posição final.
2. A distância de projeção o deslocamento do veículo 2 desde o ponto de impacto até a posição final.
3. O ângulo que toma na saída da colisão ou ângulo de separação do veículo 1.
4. O ângulo que toma na saída da colisão ou ângulo de separação do veículo 2.
5. Dados dos Veículos e do Local:
 - Veículo 1 (M1): Massa de 1200 kg, dimensões de 4,02 m de comprimento por 2,59 m de largura.

- Veículo 2 (M2): Massa de 1050 kg, dimensões de 5,64 m de comprimento por 2,35 m de largura.
- Superfície: Pavimento de asfalto seco e antigo, sem inclinação na via.

6. Metodologia de Levantamento do Croqui:

O levantamento utilizou coordenadas cartesianas a partir do ponto de impacto para determinar o repouso final das unidades: Para isso, o perito criminal necessita colocar todas as medidas no sistema cartesiano criado por René Descartes, tais como: marcas de frenagem, marcas de sucagem, avarias dos veículos, marcas de fluidos em geral, sítio de colisão e posição final dos veículos. Estas informações são essenciais para se concluir que, além das normas do Código de Trânsito Brasileiro, deve ser considerada, em especial, a engenharia de tráfego, como exemplo limite de velocidade, que é um dos fatores mais recorrentes em acidentes de trânsito.

- Dinâmica do Impacto: O veículo 1 trafegava pela Rua A (sentido Oeste Leste) enquanto o veículo 2 circulava pela Rua B (sentido Sul Norte).
- Trajetórias de Arrasto: Foram identificadas marcas de fricção de arrasto para ambos os veículos após a colisão, fundamentais para o cálculo da perda de energia cinética.

7. Parâmetros Determinados para Cálculo

Para a correta aplicação dos modelos físicos de conservação de momento, definiram-se quatro parâmetros essenciais derivados da análise espacial do croqui:

- Deslocamento do Veículo 1: Distância linear entre o ponto de impacto e a posição final de repouso.
- Deslocamento do Veículo 2: Distância linear percorrida pela segunda unidade após a colisão.
- Ângulo de Separação (Veículo 1): Vetor de saída do veículo 1 em relação ao eixo original de trajetória.
- Ângulo de Separação (Veículo 2): Vetor de saída do veículo 2 após a interação física no cruzamento.

3.1 Fundamentos físicos do trânsito: contribuições da Mecânica

Neste tópico, são apresentados alguns conteúdos do ramo da mecânica, necessários à abordagem do ensino de Física, os quais são trabalhados no Ensino Médio e aprofundados no Ensino Superior, e que estão contemplados no produto educacional intitulado “Física aplicada ao trânsito: ensino inovador com arduino e os três momentos pedagógicos de Paulo Freire”.

O trânsito pode ser compreendido como um sistema físico complexo, no qual os movimentos dos veículos obedecem rigorosamente às leis da Mecânica Clássica. A análise de situações reais de tráfego, como frenagens, colisões e deslocamentos em curvas, permite evidenciar que os acidentes de trânsito não ocorrem ao acaso, mas são consequência direta de grandezas físicas mensuráveis, como velocidade, aceleração, força, energia e quantidade de movimento. Nesse sentido, o estudo da Mecânica, articulado a simulações com carros robôs programados com Arduino, constitui uma estratégia didática potente para aproximar conceitos abstratos da realidade vivenciada pelos estudantes.

3.2 Velocidade média e velocidade instantânea no trânsito

3.2.1 Cinemática: a descrição do movimento

O estudo da cinemática representa o primeiro contato formal com a Mecânica Clássica, pois se dedica à análise do movimento dos corpos sem, em um primeiro momento, preocupar-se com suas causas. Essa abordagem permite compreender como os objetos se deslocam no espaço e evoluem ao longo do tempo, estabelecendo relações entre grandezas fundamentais como posição, velocidade e aceleração.

A posição de uma partícula é definida em relação a um sistema de referência e pode ser representada por um vetor posição $\vec{r}(t)$. A partir dessa grandeza, o deslocamento corresponde à variação da posição entre dois instantes distintos, sendo expresso pela Equação 1:

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1) \quad (1)$$

A velocidade é uma grandeza central na análise do trânsito. A velocidade média é definida como a razão entre o deslocamento total e o tempo gasto, sendo frequentemente utilizada em estatísticas e no planejamento urbano. Contudo, em situações de risco e acidentes, o que determina a gravidade do evento é a velocidade instantânea no momento da colisão ou da frenagem (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

A noção de velocidade surge naturalmente como uma medida de quão rapidamente essa posição varia no tempo. Quando se considera intervalos de tempo cada vez menores, chega-se ao conceito de velocidade instantânea, definida matematicamente como a derivada temporal do vetor posição, conforme a Equação 2:

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (2)$$

A aceleração descreve a variação da velocidade ao longo do tempo e está diretamente

associada às manobras de frenagem. No trânsito, a frenagem corresponde a uma aceleração negativa cuja intensidade depende das condições do veículo, da via e do coeficiente de atrito entre pneu e solo (YOUNG; FREEDMAN, 2016).

De forma análoga, a aceleração descreve como a velocidade se modifica ao longo do tempo, sendo dada pela segunda derivada da posição em relação ao tempo, conforme a Equação 3:

$$\vec{a}(t) = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \quad (3)$$

Essas definições fornecem a base para a análise de diferentes tipos de movimento, desde os mais simples, como o movimento retilíneo uniformemente variado, até situações mais complexas envolvendo trajetórias bidimensionais ou tridimensionais.

Na simulação com carros robôs, os estudantes podem programar o Arduino para registrar a posição do carrinho em intervalos regulares de tempo, utilizando sensores ultrassônicos ou ópticos. A partir desses dados, calcula-se tanto a velocidade média em um trecho quanto a velocidade instantânea em pontos específicos, estabelecendo um paralelo direto com o funcionamento dos radares eletrônicos utilizados no trânsito real.

3.2.2 Dinâmica: entendendo as causas do movimento

Embora a cinemática seja fundamental para descrever o movimento, ela não explica por que ele ocorre. Essa lacuna é preenchida pela dinâmica, ramo da mecânica que busca relacionar o movimento dos corpos às interações físicas que atuam sobre eles. Nesse contexto, o conceito de força assume papel central, sendo entendido como qualquer interação capaz de alterar o estado de movimento de um corpo ou provocar deformações.

A dinâmica fornece um elo direto entre o mundo observável e a formulação matemática da Física, permitindo que fenômenos cotidianos sejam interpretados a partir de princípios gerais. Essa conexão é estabelecida, de forma particularmente elegante, por meio das Leis de Newton.

3.2.3 As Leis de Newton e sua importância na Mecânica Clássica

As Leis de Newton constituem o alicerce da Mecânica Clássica e permanecem extremamente relevantes para a compreensão de uma vasta gama de fenômenos físicos. A Primeira Lei, conhecida como princípio da inércia, estabelece que um corpo tende a conservar

seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme quando não há força resultante atuando sobre ele. Essa lei introduz, de forma implícita, a noção de referencial inercial.

A Segunda Lei de Newton formaliza a relação entre força, massa e aceleração, permitindo quantificar os efeitos das interações físicas. Em sua forma vetorial, essa relação é expressa pela Equação 4:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (4)$$

Essa equação evidencia que a aceleração de um corpo depende diretamente da intensidade da força aplicada e da sua massa, fornecendo uma ferramenta poderosa para a análise de sistemas físicos.

A Terceira Lei de Newton, por sua vez, destaca o caráter recíproco das interações, afirmando que as forças surgem sempre aos pares. Assim, quando um corpo exerce uma força sobre outro, recebe deste uma força de mesma intensidade e direção, porém de sentido oposto, conforme a Equação 5:

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} \quad (5)$$

Esse princípio é essencial para a compreensão de interações entre corpos e para a análise de sistemas mecânicos mais complexos.

3.2.4 A força de atrito e seus efeitos no movimento

Entre as diversas forças presentes na natureza, a força de atrito ocupa um lugar de destaque, sobretudo por sua influência direta em situações do cotidiano. Ela surge do contato entre superfícies e atua de modo a se opor ao movimento relativo ou à tendência de deslizamento entre elas. O atrito entre os pneus e a superfície da via é responsável pela frenagem e pela estabilidade do veículo em curvas. Fatores como pista molhada, óleo ou desgaste dos pneus reduzem o coeficiente de atrito, aumentando o risco de derrapagens (HEWITT, 2015).

No tratamento clássico, distingue-se o atrito estático, que atua enquanto não há movimento relativo, e o atrito cinético, presente quando o deslizamento já ocorre. O valor máximo da força de atrito estático é dado pela Equação 6:

$$F_{e,\text{máx}} = \mu_e N \quad (6)$$

Já a força de atrito cinético pode ser expressa pela Equação 7:

$$F_c = \mu_c N \quad (7)$$

Embora esse modelo represente uma simplificação do fenômeno real, ele se mostra bastante eficaz para a descrição de muitos sistemas macroscópicos e é amplamente empregado

em análises teóricas e aplicações.

3.2.5 Quantidade de movimento

A quantidade de movimento linear é uma grandeza fundamental na Mecânica Clássica e está intimamente relacionada à descrição do movimento dos corpos. Ela é definida como o produto da massa pela velocidade, conforme a Equação 8:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (8)$$

Esse conceito se torna particularmente relevante na análise de interações rápidas, como colisões, nas quais forças intensas atuam durante intervalos de tempo muito curtos. De forma mais geral, a relação entre força e quantidade de movimento é expressa pela equação a seguir:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (9)$$

Quando um sistema pode ser considerado isolado, ou seja, quando a força externa resultante é desprezível, a quantidade de movimento total se conserva ao longo do tempo. Esse princípio de conservação constitui um dos pilares da Física e possui aplicações que vão desde a Mecânica Clássica até teorias mais modernas.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

4.1 Teoria dos Três Momentos Pedagógicos

Muitas são as reformas feitas no sistema educacional brasileiro, porém, o ensino significativo que desperte o interesse e envolvimento dos estudantes, continua sendo o principal desafio da educação escolar, sobretudo, em tempos de redes sociais, quando qualquer conteúdo digital parece mais atraente que aqueles ensinados em sala de aula.

De acordo com UREL (2022), a educação brasileira recebeu e ainda recebe influência de muitos teóricos da educação, sejam estrangeiros, sejam brasileiros. Por meio de teorias e/ou filosofias, buscam-se organizar uma área do conhecimento. Uma teoria de aprendizagem é criada com o objetivo de sistematizar uma dada área do saber e cada autor une suas experiências e sintetiza em um método. Há alguns autores que criam teorias com fundamentação no campo da psicologia, mas que por suas características, também podem ser classificadas como teorias de aprendizagem (MOREIRA, 2019, p. 12, apud UREL, 2022).

Paulo Freire, em seu livro intitulado *Pedagogia do Oprimido* (1987), apresenta o processo de Investigação Temática, o qual procura, a partir dos temas geradores, dialogar e problematizar a realidade concreta, a situação presente e existencial na qual os educandos encontram-se imersos, buscando, com isso, a partir do conhecimento crítico das situações analisadas, a transformação destas situações. Neste sentido, os temas geradores resultantes deste processo são responsáveis pela organização dos conteúdos programáticos a serem trabalhados na perspectiva da educação dialógica e problematizadora.

Freire destaca que o trabalho a partir do tema gerador necessita que o educador deva: [...] propor ao povo, através de certas contradições básicas, sua situação existencial, concreta, presente, como problema que, por sua vez, o desafia e, assim, lhe exige resposta, não só no nível intelectual, mas no nível da ação (FREIRE, 1987, p.120).

A prática pedagógica que visa à transformação social e à formação de sujeitos críticos encontra fundamento sólido na pedagogia de Paulo Freire, cuja obra inspira abordagens metodológicas que dialogam com a realidade dos educandos e promovem a conscientização. Nesse contexto, os chamados três momentos pedagógicos, investigação (prática social), problematização e instrumentalização (aplicação do conhecimento) representam uma forma sistematizada de organização didática baseada na dialética entre teoria e prática.

Embora Paulo Freire não tenha denominado explicitamente esses momentos, suas obras: *Pedagogia do Oprimido* (1987), *Pedagogia da Esperança* (1992) e *Pedagogia da*

Autonomia (1996), fornecem os fundamentos epistemológicos e pedagógicos que sustentam essa tríade. Com base na pedagogia freiriana, Delizoicov (1982, 1983) desenvolveu, no contexto brasileiro, a abordagem teórica dos Três Momentos Pedagógicos, promovendo a transposição das concepções críticas de educação de Paulo Freire para o âmbito da educação formal, em especial no ensino de Ciências. Posteriormente, em diálogo com outros autores, como Gasparin (2009) e Libâneo (1994), essa abordagem foi sistematizada como um método pedagógico crítico, orientado para a formação de sujeitos autônomos e comprometido com a emancipação humana.

Segundo Freire (1987), “a leitura do mundo precede a leitura da palavra”, ou seja, todo ato educativo deve iniciar a partir do contexto histórico e social dos sujeitos. Nesse primeiro momento, denominado prática social inicial, o educador investiga os saberes prévios e as vivências dos alunos, valorizando seus conhecimentos populares e suas percepções cotidianas.

Gasparin (2009) destaca que essa fase permite reconhecer os sujeitos como portadores de saberes, rompendo com a lógica bancária da educação. No caso do ensino de Física do trânsito, essa etapa pode envolver debates sobre a vivência dos alunos nas ruas, os perigos do trânsito em suas comunidades, e o conhecimento intuitivo que já possuem sobre movimento, velocidade ou frenagem.

A organização do conhecimento, segundo Freire, é o momento de romper com a ingenuidade do senso comum. “Ensinar exige a coragem de assumir-se como ser inacabado, capaz de ser mais” (FREIRE, 1996, p. 67). Nessa etapa, propõem-se situações geradoras que provoquem o pensamento crítico e a curiosidade epistemológica. A intenção é levar os estudantes a formular perguntas e estabelecer relações entre os fenômenos observados e os conhecimentos científicos.

Libâneo (1994) reforça que, ao problematizar, o aluno aprende a ver além da aparência imediata dos fatos. Assim, ao trabalhar conceitos como aceleração, tempo de frenagem e forças envolvidas no trânsito, o educador pode propor a análise de vídeos de acidentes, simulações computacionais, ou relatos pessoais, instigando os alunos a compreender que há leis físicas implicadas em situações de risco e segurança.

No terceiro momento se chega a instrumentalização: sistematizar o conhecimento para agir no mundo. A aplicação do conhecimento é o momento em que o conteúdo científico é introduzido, de forma crítica e conectada à realidade. Aqui, os conceitos não são apresentados como verdades absolutas, mas como ferramentas para compreender e transformar o mundo. Para Freire (1992), o conhecimento não é neutro; ele está a serviço de um projeto político de sociedade.

Saviani (2008) contribui ao afirmar que o conhecimento sistematizado é essencial para que os sujeitos compreendam a totalidade das relações sociais e naturais. No ensino de Física, essa etapa pode ser implementada por meio de experimentos com carrinhos robôs controlados por Arduino, em que os alunos coletam dados, programam trajetórias, analisam velocidades e simulam frenagens. O uso da tecnologia não se reduz à técnica, mas ganha sentido pedagógico ao servir de ponte entre o saber cotidiano e o saber científico.

A utilização de carrinhos robôs com Arduino numa práxis educativa para além dos conteúdos, permite que os estudantes não apenas aprendam conceitos físicos, mas que compreendam seu uso social e político. Ao simular situações de trânsito, por exemplo, os alunos percebem a importância da Física na preservação da vida, na organização das cidades e no enfrentamento da violência urbana.

4.2 Ensino de Física: mediação docente, tecnologia e aprendizagem

O ensino da Física tem sua introdução no ensino fundamental, tendo seus conceitos basilares orientados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, os PCNs. No documento relativo a Ciências Naturais, os PCNs afirmam que os alunos devem ser estimulados a: “construir e investigar situações-problema”, “utilizar modelos físicos”, “prever, avaliar e analisar previsões”, ou seja, não se limitarem à simples memorização ou demonstrações prontas. De acordo com o documento, o ensino de ciências da natureza deve:

- compreender a natureza como um todo dinâmico, sendo o ser humano parte integrante e agente de transformações do mundo em que vive;
- identificar relações entre conhecimento científico, produção de tecnologia e condições de vida, no mundo de hoje e em sua evolução histórica;
- formular questões, diagnosticar e propor soluções para problemas reais a partir de elementos das Ciências Naturais, colocando em prática conceitos, procedimentos e atitudes desenvolvidos no aprendizado escolar;
- saber utilizar conceitos científicos básicos, associados a energia, matéria, transformação, espaço, tempo, sistema, equilíbrio e vida;

- saber combinar leituras, observações, experimentações, registros, etc., para coleta, organização, comunicação e discussão de fatos e informações;
- valorizar o trabalho em grupo, sendo capaz de ação crítica e cooperativa para a construção coletiva do conhecimento;
- compreender a saúde como bem individual e comum que deve ser promovido pela ação coletiva;
- compreender a tecnologia como meio para suprir necessidades humanas, distinguindo usos corretos e necessários daqueles prejudiciais ao equilíbrio da natureza e ao homem (BRASIL, p. 31, 1997).

Ou seja, já no ensino fundamental os estudantes devem adquirir conceitos básicos que irão acompanhá-los na progressão para o ensino médio e para toda a vida. Assim, ao serem introduzidos nos conhecimentos por uma aprendizagem significativa, os estudantes chegarão ao ensino médio com maior consciência de sua atuação na sociedade enquanto cidadãos responsáveis pelo bem-estar comum, como é o caso da atuação no trânsito, onde todos são responsáveis pela manutenção de sua vida e a vida do outro. Para isso, o ensino de física tem grande importância no contexto da segurança no trânsito, pois os princípios físicos estão diretamente ligados ao comportamento de veículos e pedestres.

Conceitos como aceleração, velocidade e forças são fundamentais para entender o comportamento de carros, motocicletas e bicicletas nas vias. A física explica como essas grandezas influenciam o tempo e a distância de frenagem, além de auxiliar na compreensão de curvas, inclinações e o efeito da gravidade.

A quantidade de energia envolvida em um acidente de trânsito pode ser melhor compreendida por meio da física. A energia cinética de um veículo em movimento aumenta com a velocidade, e em um acidente, essa energia precisa ser dissipada. Ensinar a física do impacto pode ajudar motoristas e pedestres a compreenderem os perigos de dirigir em alta velocidade.

A física explica como o atrito entre os pneus e o solo influencia na capacidade de frenagem. Em situações de chuva ou em estradas escorregadias, o coeficiente de atrito é reduzido, o que aumenta a distância de parada. O entendimento desse fenômeno pode ajudar os motoristas a ajustar sua condução de acordo com as condições da estrada.

Conceitos como inércia, tempo de reação e campo de visão são importantes para entender como os pedestres devem se comportar ao atravessar ruas e interagir com veículos em

movimento.

A física também está presente nas tecnologias de segurança dos veículos, como o ABS (sistema de freios antitravamento) e os controles de tração e estabilidade, que atuam diretamente sobre as forças envolvidas no movimento dos automóveis.

Uma referência importante é o livro *Dinâmica dos Acidentes de Trânsito*, de Osvaldo Negrini Neto e Rodrigo Kleinübing, que aborda física e segurança no trânsito e trata sobre a aplicação de conceitos de física na segurança veicular e na análise de acidentes de trânsito. Seu trabalho foca na dinâmica dos veículos e na reconstrução de acidentes. Essa é uma obra de referência no Brasil sobre a aplicação de conceitos de física à análise de acidentes de trânsito. Ele explora os princípios físicos fundamentais, como energia cinética, dinâmica de colisões, e frenagem, e como esses conceitos podem ser usados para entender e prevenir acidentes. É amplamente usada por engenheiros, peritos e especialistas em segurança viária no Brasil, sendo um dos poucos livros em língua portuguesa que aborda de forma detalhada a física dos acidentes de trânsito.

Ensinar física com ênfase na aplicação cotidiana, como a segurança no trânsito, promove uma compreensão mais profunda dos riscos e pode incentivar práticas mais responsáveis ao dirigir, ajudando a prevenir acidentes.

Atualmente no Brasil o ensino da educação básica está normatizado pela BNCC – Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018). E no ensino médio, o documento agrupa as disciplinas de Física, Química e Biologia, na área de “Ciências da Natureza e suas Tecnologias”. Isso favorece uma visão integrada da ciência, onde fenômenos naturais, tecnológicos, ambientais e sociais podem ser articulados, enriquecendo o ensino de Física com contextos mais amplos.

A implementação da BNCC trouxe novas orientações para o ensino de Física no Brasil e tem provocado debates entre pesquisadores, professores e gestores escolares. De um lado, há expectativas de renovação curricular e de maior aproximação da ciência com a vida cotidiana dos estudantes; de outro, surgem preocupações com a forma como essas propostas são concretizadas na escola pública. Uma análise equilibrada permite observar elementos favoráveis e limitações desse documento para a área.

Entre os aspectos positivos, destaca-se a intenção da BNCC de valorizar a compreensão dos fenômenos e o desenvolvimento de competências investigativas. O documento não se restringe à memorização de fórmulas ou à repetição de exercícios; ao contrário, convoca o aluno a explicar, modelar, argumentar e estabelecer relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Essa perspectiva oferece espaço para aulas mais dialogadas, atividades experimentais e projetos

que tornam o conteúdo físico mais significativo. A Física deixa de ser vista apenas como um conjunto de leis abstratas e passa a ser entendida como um instrumento para interpretar o mundo, analisar problemas e propor soluções socialmente relevantes. De acordo com a BNCC:

O ensino das Ciências da Natureza deve combinar “conteúdos conceituais fundamentais para o conhecimento da área e que se articulem com saberes da prática” com “processos cognitivos relativos à investigação e à resolução de problemas que possam auxiliar o exercício da cidadania e a tomada de decisão socialmente responsável (BRASIL, 2018, p.45).

O fragmento mostra a integração da Física com outras áreas do conhecimento. Embora mantenha sua especificidade no Ensino Médio, a disciplina é apresentada na BNCC em articulação com a Matemática, com outras ciências e com questões ambientais. A intenção é que os estudantes reconheçam que muitos fenômenos não pertencem a uma única disciplina, e que o pensamento científico exige conexões entre saberes diversos. Essa postura pode favorecer o diálogo entre professores e estimular práticas interdisciplinares mais ricas, desde que haja planejamento coletivo na escola.

Por outro lado, existem limites que precisam ser considerados. Um dos principais refere-se à forma sintética com que alguns conteúdos são apresentados. Em certas partes, a BNCC fornece apenas orientações gerais, deixando pouco detalhamento sobre a progressão conceitual ao longo das séries. Tal opção pode gerar interpretações diferentes entre escolas e autores de materiais didáticos, e corre-se o risco de que conceitos fundamentais sejam abordados de maneira superficial, sobretudo quando não houver suporte pedagógico adequado. De acordo com Moreira:

Além da falta e/ou despreparo dos professores, de suas más condições de trabalho, do reduzido número de aulas no Ensino Médio e da progressiva perda de identidade da Física no currículo nesse nível, o ensino da Física estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados. Estamos no século XXI, mas a Física ensinada não passa do século XIX (MOREIRA, p.02, 2017).

Trazendo a reflexão de Paulo Freire à típica “educação bancária¹”. Sendo outro grande desafio às condições reais de trabalho dos professores. A proposta curricular pressupõe o uso de experimentos, projetos e investigação, mas nem todas as escolas dispõem de laboratórios, materiais ou tempo suficiente para implementar essas atividades com regularidade. Em muitas regiões, ainda faltam professores habilitados em Física, o que dificulta a consolidação de uma cultura científica mais robusta. Assim, a qualidade do ensino pode variar de forma significativa entre redes e contextos, ampliando desigualdades educacionais.

Também é preciso considerar que, com a flexibilização dos itinerários formativos, a presença da Física pode se tornar desigual entre as escolas. Há instituições que oferecem itinerários fortemente vinculados à área das ciências, enquanto outras priorizam linguagens ou ciências humanas. Isso pode reduzir o contato de parte dos estudantes com a Física, comprometendo sua formação científica e seu acesso a carreiras relacionadas à área.

Dessa forma, a BNCC introduz elementos promissores para a renovação do ensino de Física, sobretudo ao valorizar a compreensão de fenômenos, a resolução de problemas e a articulação entre ciência e sociedade. Contudo, sua efetividade depende de fatores que vão além do documento: formação docente continuada, boas condições de trabalho, infraestrutura adequada e políticas que assegurem equidade no acesso ao conhecimento científico. Sem esse conjunto de ações, o risco é que a proposta permaneça no plano das intenções, sem transformar de fato a experiência escolar dos estudantes.

Dermeval Saviani (2013) faz uma crítica contundente acerca das transformações contemporâneas da educação, o autor aponta que o desafio da escola diante das mudanças tecnológicas e sociais não se resume à simples incorporação de recursos digitais ou metodologias consideradas inovadoras. Segundo Saviani, o problema central reside no fato de que muitas reformas educacionais, ao enfatizarem discursos de modernização, acabam relativizando a função fundamental da escola: garantir o acesso dos estudantes ao conhecimento sistematizado produzido historicamente pela humanidade.

¹ O conceito Educação bancária foi elaborado por Paulo Freire para criticar um modelo tradicional de ensino. Segundo Freire, nesse modelo, o professor “**deposita**” conhecimento no aluno, que é visto como alguém **passivo**, vazio, que apenas recebe, memoriza e repete informações. Não há diálogo, não há participação crítica, não há construção coletiva do saber. Freire afirma que esse modelo de ensino contribui para manter as desigualdades sociais, porque impede os educandos de desenvolver consciência crítica. Ele contrapõe a isso a educação problematizadora, baseada no diálogo, na reflexão, na construção coletiva do conhecimento e na transformação da realidade. In: FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 50. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

Nesse sentido, Saviani critica propostas pedagógicas que privilegiam apenas o desenvolvimento de competências genéricas ou a valorização do “aprender a aprender”, sem assegurar a apropriação efetiva dos conteúdos científicos, filosóficos e culturais. De acordo com o autor, justamente em uma sociedade marcada pela expansão da ciência e da tecnologia, torna-se ainda mais necessário o domínio desses conhecimentos para que os indivíduos possam compreender criticamente a realidade social. Assim, afirma:

O papel da escola consiste na socialização do saber sistematizado. Trata-se de produzir, em cada indivíduo singular, a humanidade que é produzida histórica e coletivamente pelo conjunto dos homens (SAVIANI, 2013, p. 13).

Dessa forma, embora reconheça a importância das tecnologias como instrumentos pedagógicos, o autor sustenta que elas não substituem o trabalho educativo fundamentado na mediação docente e na transmissão crítica do conhecimento. Ao contrário, quando utilizadas sem uma base teórica consistente, podem reforçar práticas pedagógicas superficiais, incapazes de promover uma formação intelectual sólida e emancipadora.

Esse problema com o acesso e uso das tecnologias se evidenciaram durante a pandemia da COVID-19 (2020/2023), quando as escolas de todo o mundo substituíram aulas presenciais por aulas remotas via internet, e nesse ínterim surgiu uma grande variedade de aplicativos e programas que aproximaram cada vez mais a população global do mundo virtual e das novas tecnologias.

O uso de tecnologias na sala de aula tem se expandido significativamente nas últimas décadas, acompanhando as transformações sociais, culturais e comunicacionais da sociedade contemporânea. Entre os aspectos positivos, destaca-se a possibilidade de ampliar o acesso à informação, permitindo que estudantes consultem diferentes fontes de conhecimento, explorem materiais multimídia e estabeleçam contato com diversas linguagens e formas de expressão.

Além disso, os recursos tecnológicos podem contribuir para diversificar as estratégias pedagógicas, tornando as aulas mais dinâmicas e favorecendo metodologias que estimulem a participação, a colaboração e a investigação por parte dos estudantes. Outro aspecto relevante é o desenvolvimento de competências relacionadas ao uso crítico das tecnologias digitais, consideradas importantes para a participação social e profissional no mundo atual.

Entretanto, o uso de tecnologias na educação também apresenta desafios e limitações. Um dos principais riscos é a superficialidade da aprendizagem, uma vez que o acesso rápido

à informação pode incentivar práticas de estudo baseadas apenas na busca imediata de respostas, sem aprofundamento conceitual ou reflexão crítica. Soma-se a isso a possibilidade de dispersão e distração durante as atividades escolares, especialmente quando os dispositivos digitais são utilizados sem planejamento pedagógico adequado.

Outro problema diz respeito às desigualdades de acesso, pois nem todos os estudantes dispõem das mesmas condições tecnológicas fora do ambiente escolar, o que pode ampliar diferenças educacionais já existentes. Dessa forma, a presença das tecnologias na sala de aula, por si só, não garante melhorias no processo educativo, sendo fundamental que seu uso esteja articulado a objetivos pedagógicos claros e a práticas de ensino que promovam a compreensão crítica do conhecimento.

Temos também o lado oposto da situação, escolas em que as tecnologias não se fazem presentes de forma alguma. Assim, há uma distância evidente entre o cotidiano tecnológico, de grande parte dos estudantes, e as práticas pedagógicas ainda predominantes em muitas instituições de ensino. Enquanto fora dos muros escolares os alunos utilizam smartphones, redes sociais, plataformas de vídeo e aplicativos interativos, dentro da escola ainda predominam aulas expositivas, materiais impressos e uma concepção de aprendizagem centrada na transmissão de conteúdo.

O resultado é um cenário contraditório: a tecnologia está presente no cotidiano dos alunos, mas raramente se converte em recurso significativo para aprender. Em vez de explorar simulações, modelagens, robótica ou ambientes virtuais colaborativos, atividades comuns ainda se limitam a cópias, exercícios mecânicos e avaliações tradicionais. Assim, o ensino se distancia da realidade vivida pelos jovens, perdendo potência formativa e reduzindo seu papel na construção do conhecimento crítico sobre o mundo tecnológico.

Superar esse quadro exige políticas educacionais contínuas, investimento em infraestrutura e formação docente, além de um reposicionamento pedagógico que reconheça as tecnologias não como ameaça, mas como oportunidade. Quando integradas de forma crítica, planejada e contextualizada, podem favorecer aprendizagens significativas, desenvolver autonomia intelectual e aproximar o currículo escolar da experiência concreta dos estudantes. O desafio não é apenas inserir computadores nas escolas, mas repensar concepções, metodologias e objetivos educacionais para que a instituição escolar dialogue com a sociedade digital em que está inserida. E nesse cenário se apresenta a importância do Arduino, e demais tecnologias, nas aulas de Física em específico como tema deste trabalho.

4.3 Arduino como recurso didático

No cenário contemporâneo, marcado pela ampla inserção das tecnologias digitais nas práticas sociais e educacionais, a Pesquisa em Ensino de Física tem intensificado reflexões críticas sobre o uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no ensino. Nesse contexto, Neto (2020) apresenta um panorama teórico da literatura da área, discutindo mitos associados às tecnologias, desafios relacionados à formação docente e possibilidades concretas de sua integração às práticas pedagógicas.

A partir do referencial do Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (TPACK), o autor evidencia que a insegurança docente diante das tecnologias está associada a concepções equivocadas sobre seu uso, embora as TDIC apresentem vantagens pedagógicas relevantes, como a visualização de fenômenos de difícil ou inviável reprodução em sala de aula e o apoio à modelagem e à análise de dados.

Apesar dessas potencialidades, a incorporação efetiva das tecnologias ao ensino ainda enfrenta obstáculos, relacionados tanto à formação inicial quanto às condições materiais de trabalho docente. Tais desafios extrapolam o domínio técnico, envolvendo a apropriação pedagógica das TDIC como instrumentos culturais mediadores da ação docente, o que exige intencionalidade pedagógica e planejamento didático consistente.

Nesse sentido, Cavassani, Andrade e Marques (2024), ao articularem o modelo TPACK à abordagem sociocultural, demonstram que a interação dos professores com as TDIC influencia diretamente a construção da identidade profissional e a organização das práticas pedagógicas, sendo condicionada pelas experiências formativas e pelos contextos institucionais.

Diante dessas condicionantes, observa-se o crescimento de propostas que buscam alternativas pedagógicas viáveis, fundamentadas em sistemas de aquisição de dados de baixo custo e no uso de tecnologias livres, com o objetivo de ampliar o acesso à experimentação científica no contexto escolar (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011). Nesse cenário, o Arduino tem se destacado como um instrumento de aprendizagem amplamente investigado e discutido na literatura das Ciências da Natureza, em especial no ensino de Física, em razão de seu potencial didático-experimental.

Segundo Dutra e Castilho (2020), o Arduino constitui um recurso acessível e versátil, que favorece a liberdade criativa dos usuários e possibilita a realização de experimentos personalizados de baixo custo, adequados a diferentes realidades escolares. Contudo, a efetividade pedagógica desse recurso está diretamente relacionada à preparação docente para

sua utilização. Kamada (2018) ressalta que, embora o primeiro contato com a plataforma possa gerar dificuldades iniciais, a prática continuada e a familiarização progressiva contribuem para a consolidação de seu uso pedagógico, tornando-o mais integrado às aulas e mais seguro para o desenvolvimento das atividades experimentais.

Nesse sentido, a literatura da área de Ensino de Física aponta o Arduino como um recurso pedagógico relevante para a mediação de atividades experimentais, especialmente por possibilitar a construção de dispositivos de baixo custo, a aquisição de dados em tempo real e a reprodução controlada de fenômenos físicos que, em situações reais, envolveriam riscos, elevados custos ou inviabilidade experimental no ambiente escolar. O uso dessa plataforma favorece a articulação entre teoria e prática, contribuindo para a contextualização dos conteúdos escolares e para a aproximação entre os conceitos físicos e situações concretas do cotidiano dos estudantes.

Diversas dissertações desenvolvidas no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) corroboram essa perspectiva, ao evidenciar o potencial do Arduino tanto para a formação continuada de professores da Educação Básica quanto para o aprofundamento conceitual em Física e a apropriação de metodologias de ensino apoiadas em tecnologias digitais e computacionais. Essas produções indicam que o emprego do Arduino em propostas pedagógicas amplia as possibilidades de experimentação em sala de aula, favorece abordagens investigativas e contribui para a inserção de conteúdos contemporâneos no ensino de Física (SILVA, 2018; BANDEIRA, 2017).

No presente estudo, o Arduino foi utilizado como recurso didático na construção de carrinhos robôs destinados à simulação de situações de trânsito, possibilitando a mensuração de grandezas físicas como velocidade, aceleração, atrito, distância de frenagem e quantidade de movimento. Essa abordagem permitiu a problematização de conceitos fundamentais da Física associados a colisões de forma segura, contextualizada e experimental, favorecendo a aprendizagem significativa ao articular fenômenos físicos com situações do cotidiano dos estudantes.

Alinhado ao objetivo da pesquisa, o uso do Arduino possibilitou que os estudantes coletassem, analisassem e interpretassem dados experimentais, mobilizando leis fundamentais da Física do trânsito, como conservação da quantidade de movimento, impulso e energia cinética. A experimentação em escala reduzida mostra-se, portanto, um caminho eficaz para a compreensão dos mecanismos físicos envolvidos em acidentes de trânsito, reforçando o potencial do Arduino como recurso didático capaz de promover a articulação entre teoria, experimentação e contextualização no ensino de Física.

O uso do Arduino tem permitido o desenvolvimento de recursos didáticos inovadores no ensino de Física. Entre as possibilidades, destaca-se a construção de carros robôs capazes de simular situações de acidentes de trânsito, permitindo que os estudantes investiguem, na prática, conceitos abstratos frequentemente abordados apenas de maneira teórica. Ao projetar e programar pequenos veículos com sensores, motores e sistemas de controle, os alunos exploram o comportamento dinâmico de corpos em movimento, aproximando os conteúdos escolares de problemas reais da vida cotidiana.

Esses robôs podem ser construídos com materiais de baixo custo, como chassi leve, rodas, módulos de motor e placas Arduino, o que torna a proposta acessível às escolas públicas. O próprio processo de montagem exige que os grupos trabalhem com medidas, planejamento e noção de projeto, integrando áreas do conhecimento e promovendo autonomia investigativa. Após montados, os carros são programados para se deslocar com velocidades diferentes, seguir trajetórias definidas e colidir com obstáculos previamente posicionados em uma pista de ensaio.

No artigo intitulado, Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistema de publicações na área do ensino, publicado no “Caderno Brasileiro de Ensino de Física”, os autores refletem sobre os obstáculos enfrentados pelas escolas e professores para incluir atividades práticas e experimentais no ensino de Física.

Uma das principais dificuldades é a resistência ou o desconhecimento dos docentes em relação ao uso de tecnologias e materiais que vão além do livro didático tradicional. Mesmo quando os professores desejam inserir novas estratégias, encontram barreiras como falta de equipamentos, laboratórios inadequados e ausência de profissionais de apoio. Assim, a carência de infraestrutura física e humana se torna um fator que limita a inovação pedagógica.

Além disso, os professores apontam problemas organizacionais: turmas numerosas, pouco tempo para preparar os experimentos e falta de condições técnicas para executá-los com segurança. Em muitas escolas, os laboratórios de ciências sequer existem; e quando existem, frequentemente estão sucateados ou sem equipamentos. Esse cenário revela uma fragilidade estrutural da escola pública e evidencia lacunas na formação inicial do professor, que muitas vezes não é preparado para trabalhar com atividades experimentais:

Como consequência, a experimentação acaba ficando ausente da rotina escolar, mesmo sendo reconhecida por professores e estudantes como um recurso fundamental para o ensino de Física. A prática experimental legitima o conhecimento científico, aproxima o conteúdo abstrato do mundo real e

favorece a compreensão dos fenômenos naturais. Quando os alunos têm contato com atividades práticas, a passagem entre a observação concreta e os modelos teóricos torna-se mais fácil, tornando o processo de aprendizagem mais significativo (MOREIRA, ROMEU, ALVES, SILVA, p 725, 2018).

Assim, o texto reforça que embora existam dificuldades, a experimentação é vista como uma das estratégias mais eficazes para ensinar física, justificando a necessidade de superação das barreiras existentes.

A abordagem também favorece reflexões sobre fatores que contribuem para ocorrências reais no trânsito, como velocidade, tempo de reação, aderência dos pneus e uso de dispositivos de frenagem. Os resultados obtidos pelos robôs, mesmo em proporções menores, mostram aos alunos que pequenas variações de massa ou velocidade geram diferenças significativas nos danos causados. Assim, a experiência contribui não apenas para a aprendizagem dos conceitos científicos, mas também para a formação de uma postura cidadã, crítica e responsável.

Além disso, o uso de carros robôs amplia a motivação dos estudantes. O caráter lúdico do projeto aproxima a Física de situações práticas e promove a aprendizagem ativa, pois os participantes formulam hipóteses, registram resultados, comparam dados e reelaboram suas explicações. O Arduino, nesse contexto, atua como uma ponte entre teoria e prática, abrindo espaço para experimentação, criatividade e resolução de problemas. Dessa forma, simular acidentes de trânsito com robôs não apenas aprimora a compreensão de conteúdos curriculares, mas transforma a sala de aula em um ambiente investigativo, onde a Física se apresenta de forma concreta, significativa e socialmente relevante.

Os alunos podem usar o Arduino para realizar experimentos que envolvem grandezas físicas como velocidade, aceleração, força, temperatura, corrente elétrica, entre outras. Isso torna os conceitos abstratos mais concreto. O Arduino permite que os alunos construam circuitos e programem dispositivos que respondem a estímulos do ambiente, como sensores de movimento, luz ou temperatura. Isso incentiva a experimentação e o aprendizado baseado em erros.

Ao programar o Arduino, os estudantes desenvolvem habilidades em programação e eletrônica, que são cada vez mais valorizadas no campo da ciência e tecnologia, além de fomentar o pensamento computacional. O Arduino pode ser usado em diversas áreas da Física, como eletromagnetismo, mecânica, termodinâmica e óptica. Ele permite a criação de dispositivos que podem medir grandezas físicas e realizar demonstrações de fenômenos de

forma acessível e relativamente simples.

O baixo custo do Arduino, comparado a equipamentos laboratoriais tradicionais, permite que mais escolas e estudantes tenham acesso a experimentos práticos, democratizando o ensino de Física experimental.

Nesse sentido, propomos a utilização do sistema Arduino para o controle de dois carrinhos robôs, que serão empregados na simulação de acidentes de trânsito. A partir dessa experiência prática, desenvolveremos atividades de aprendizagem fundamentadas nos Três Momentos Pedagógicos de Paulo Freire, de modo a articular observação, problematização e sistematização dos conceitos físicos envolvidos.

4.4 Desenvolvimento do aparato tecnológico: Os carrinhos robôs autônomos

Para a execução da sequência didática, foram projetados e construídos dois protótipos de carrinhos robôs, utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino Uno. A escolha por dois protótipos visou permitir a comparação em tempo real de diferentes variáveis físicas, como massa, velocidade e potência de frenagem, durante as simulações de trânsito.

A estrutura física dos carros robôs (Figura 2) foi montada sobre um chassi de acrílico de duas rodas (modelo *2WD Robot Car Chassis*), movido por dois motores DC com caixa de redução.

Figura 2 - Carros robôs programados por arduino



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2025)

A inteligência do sistema foi estruturada com os componentes listados abaixo e no Quadro 1:

- Microcontrolador Arduino Uno: Responsável pelo processamento das instruções lógicas e controle dos atuadores.
- Ponte H L298N: Módulo essencial para o controle de velocidade (via PWM) e sentido de rotação dos motores, permitindo simular acelerações e frenagens graduais ou bruscas.
- Sensores Ultrassônicos HC-SR04: Instalados na parte frontal para simular a percepção de distância de obstáculos (veículos à frente ou pedestres), fundamentais para os cálculos de "Distância de Seguimento" e "Tempo de Reação".
- Módulo Bluetooth HC-05 (opcional/se usado): Para a transmissão de dados telemétricos em tempo real para um dispositivo móvel ou computador.
- Fonte de Alimentação: Conjunto de baterias de Lítio (18650), garantindo a autonomia e o torque necessário para vencer o atrito estático das diferentes superfícies de teste.

Quadro 1 – Especificações dos componentes do carro robô.

Componente	Especificação Técnica / Modelo	Função no Experimento
Microcontrolador	Arduino uno R3	Atua como a unidade central de processamento (UCP), executando o código C++ para controle dos sensores e motores.
Sensor de Distância	Ultrassônico HC-SR04	Responsável pela telemetria; emite pulsos sonoros para medir a distância de obstáculos e calcular o tempo de resposta da frenagem.
Driver de Motores	Módulo Ponte H L298N	Gerencia a potência enviada aos motores, permitindo o controle de velocidade via PWM e a inversão de rotação para parada brusca.
Atuadores	2 Motores DC (3V-6V)	Provêm a tração mecânica do protótipo. Possuem caixa de redução (1:48) para garantir torque estável durante o deslocamento.
Chassi	Kit 2WD em Acrílico	Estrutura rígida de suporte que abriga os componentes, garantindo o alinhamento dos eixos e a fixação da eletrônica.

Rodas	Rodas de Borracha (65mm)	Garantem o coeficiente de atrito necessário para os testes comparativos entre a madeira e o piso da quadra.
Rodas	Suporte para Baterias 18650	Fornece a tensão (7.4V a 9V) e a corrente necessárias para manter a autonomia do sistema sem fios.
Protoboard	Mini Matriz de Contatos	Facilita a derivação das conexões elétricas e a distribuição de energia (VCC/GND) para os sensores.
Conectores	Cabos Jumper (Macho/Fêmea)	Realizam a comunicação galvânica entre os pinos digitais do Arduino e os módulos periféricos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A seleção desses componentes permitiu que o sistema operasse como um laboratório itinerante. O uso do microcontrolador Arduino Uno, em conjunto com o sensor HC-SR04, possibilitou a extração de dados brutos que, posteriormente, foram convertidos em informações cinemáticas pelos próprios estudantes durante as etapas da Organização do Conhecimento

O diferencial desta proposta em relação a kits educacionais convencionais reside na transparência do código fonte. O algoritmo foi desenvolvido em linguagem C++, permitindo que os estudantes visualizassem como as leis da Física são traduzidas em linhas de código.

A lógica de programação foi estruturada para que o sensor ultrassônico realizasse leituras constantes da distância. Ao detectar um obstáculo a uma distância pré-definida, o Arduino comandava a inversão da polaridade dos motores ou o corte de corrente, simulando o acionamento dos freios. Os dados de tempo de frenagem e velocidade instantânea eram impressos no Monitor Serial, fornecendo aos alunos dados brutos para o cálculo da aceleração escalar média e da energia cinética dissipada no processo.

Para conferir densidade à análise qualitativa e experimental, os testes foram realizados em dois cenários distintos, simulando as variações de aderência encontradas nas vias públicas:

1. Superfície de Madeira: serviu como ambiente de controle para as primeiras medições do coeficiente de atrito, foi através da inclinação do plano, que auferimos o valor do coeficiente μ (0,34) o que corresponde exatamente a $\tan = \text{cateto oposto (altura)} / \text{cateto adjacente}$ (Figuras 3 e 4).

Figura 3 – Medição da altura da inclinação da mesa (0,31m)



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2025).

Figura 4 – Medição do comprimento da mesa (0,90m)



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2025)

2. Quadra Poliesportiva: devido à porosidade do piso e ao desgaste da superfície, este ambiente apresentou uma resistência ao rolamento diferenciada, permitindo aos alunos observar, na prática, como o estado de conservação do pavimento influencia o coeficiente de atrito. Nesse ambiente, foi utilizado um dinamômetro para determinar o coeficiente de atrito ($\mu \approx 0,6$), considerando que, na iminência do movimento, a força registrada no instrumento equivale à força de atrito. Foram obtidos os valores de força de arraste $F = 1,58\text{N}$ e massa de $0,25\text{ kg}$, permitindo através da equação $F.d = \mu$, na análise da interação entre as grandezas

envolvidas (Figura 5).

Figura 5 – Leitura do dinamômetro digital



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2025)

A escolha de manter os carros com massas e configurações idênticas foi estratégica: ao isolar essas variáveis, o foco da investigação deslocou-se inteiramente para a relação entre a velocidade e o tipo de superfície. Assim, os estudantes puderam confrontar os dados obtidos na madeira com os dados da quadra, discutindo como o coeficiente de atrito influencia diretamente o trabalho da força de atrito e a dissipação da energia cinética.

Quanto à modelagem matemática da coleta de dados, o cálculo da distância executado pelo microcontrolador a partir do sensor HC-SR04 alicerça-se nos princípios da cinemática clássica, especificamente na propagação de ondas mecânicas. Ao integrar conceitos de ondulatória, cinemática e lógica de programação, a proposta permitiu que os estudantes transcendessem a mera leitura passiva de números na tela. Em vez disso, os alunos foram levados a compreender a gênese física e o rigor matemático dos dados que alimentavam os gráficos de frenagem. Esta clareza foi fundamental para que o grupo validasse o aparato experimental como um instrumento de medida fidedigno, superando a visão da tecnologia como uma “caixa preta” impenetrável.

4.5 Caracterização da pesquisa

A presente investigação caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza interventiva, desenvolvida no contexto escolar. Do ponto de vista metodológico, o estudo configura-se como um estudo de caso, uma vez que analisa de forma aprofundada

uma experiência pedagógica específica, situada em uma turma do Ensino Médio, considerando suas particularidades e contexto sociopedagógico.

A pesquisa apresenta, ainda, características de pesquisa-ação, pois o professor pesquisador atuou diretamente no processo educativo, planejando, executando e refletindo sobre uma intervenção pedagógica fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos, com o objetivo de promover a aprendizagem de conceitos de Física articulados à educação para o trânsito.

4.6 População e Amostra

O trabalho foi desenvolvido com a turma formada por 45 alunos da 3ª série C, do ensino médio, na Escola Estadual Manuel Matoso Filho, localizada no município de Russas – CE.

A Escola oferece três turnos de ensino, manhã, tarde e noite. Com 16 salas de aulas, 1.511 alunos distribuídos entre turmas da primeira, segunda e terceira série do ensino médio, 06 profissionais na gestão, 04 profissionais na secretaria, 9 funcionários responsáveis pela limpeza e manutenção, 06 professores no setor de multimeios, 48 professores do ensino regular da base comum, 03 professores para atendimento educacional especializado. A escola conta com 1 quadra poliesportiva, 1 laboratório de informática, 1 biblioteca/sala de leitura, e não dispõe de refeitório e laboratório de ciências. Apesar dessa limitação, o ambiente escolar possibilitou a realização das atividades propostas por meio do uso de recursos alternativos, como carrinhos robôs programados com Arduino e espaços abertos da escola.

4.7 Descrição da intervenção pedagógica e resumo das aulas

A intervenção pedagógica foi organizada em quatro aulas, cada uma com duração de 50 minutos, estruturadas de acordo com os Três Momentos Pedagógicos: Investigação Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento. As aulas abordaram conteúdos da Mecânica (Cinemática e Dinâmica), sempre articulados ao contexto dos acidentes de trânsito e à realidade dos estudantes. Como se observa nos resumos a seguir:

AULA 01 - A RELAÇÃO FÍSICA E ACIDENTES DE TRÂNSITO: SIMULAÇÃO DO ACIDENTE COM CARRO ROBÔ

Público-alvo: Alunos da 3ª série do Ensino Médio Duração: 50 minutos Área: Física (Cinemática e Dinâmica)
Objetivo geral: Compreender como os conceitos físicos de movimento, velocidade e frenagem se relacionam com acidentes de trânsito, por meio da experimentação com carrinhos robôs programados com Arduino.
1. Investigação Inicial (10 minutos) • Roda de conversa: os alunos são convidados a relatar situações de trânsito que presenciaram ou vivenciaram, com foco em colisões, freadas bruscas ou acidentes. • O professor anota no quadro palavras-chave como: velocidade, tempo de reação, distância, freio, acidente, morte, etc. • Objetivo: reconhecer o saber prévio dos alunos e partir da realidade local.
2. Organização do Conhecimento (15 minutos) • O professor propõe uma pergunta geradora: “Por que ocorrem tantos acidentes mesmo quando os motoristas estão ‘prestando atenção’?” • Introduz brevemente os conceitos físicos envolvidos: tempo de reação, distância de frenagem, força de atrito, etc. • Exibição do vídeo 1: https://www.youtube.com/watch?v=cOGCMdgGIPo • Discussão: que leis da Física estão presentes nessas situações? Como a Física pode ajudar a prevenir acidentes?
3. Aplicação do Conhecimento (25 minutos) • Levar os alunos para quadra e fazer o experimento com carrinho robô e Arduino: os alunos observam (ou manipulam, se possível) o carrinho sendo lançado em diferentes velocidades em uma pista com obstáculos. • Simula-se um acidente: o carrinho freia tarde demais e colide com o obstáculo. • Os alunos medem distância de frenagem, tempo e velocidade, relacionando os dados com as leis de Newton e as equações da cinemática. • Ao final, os alunos discutem como a simulação ilustra os riscos reais do trânsito, especialmente em alta velocidade.

Avaliação da aula

- Dividir a turma em 8 equipes e cada equipe irá registrar no caderno a um questionamento entregue numa tarjeta.

AULA 02 - ANÁLISE DO MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU) E DO MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO (MRUV) EM ACIDENTES

Público-alvo: Alunos da 3ª série do Ensino Médio **Duração:** 50 minutos

Área: Física (Cinemática)

Objetivo geral: Compreender a aplicação dos conceitos de MRU e MRUV em situações reais de acidentes de trânsito, utilizando simulações com carrinho robô e análise de dados.

1. Investigação Inicial (10 minutos)

- Conversa inicial: os alunos são convidados a refletir sobre situações em que um veículo mantém velocidade constante ou acelera/subitamente freia, e como isso pode causar ou evitar acidentes.
- Discussão sobre o que sabem sobre os conceitos de velocidade e aceleração na prática.

2. Organização do Conhecimento (15 minutos)

Pergunta geradora: “Como o tipo de movimento de um veículo pode influenciar a gravidade de um acidente?”

- Exibição do vídeo 2: https://youtu.be/TfD1zfBaUtA?si=rpG_jRFam-bHjqjv
- O professor retoma os conceitos de MRU (velocidade constante) e MRUV (aceleração ou desaceleração constante) e os relaciona a exemplos do cotidiano no trânsito: ultrapassagens, freadas, colisões.
- São apresentados vídeos curtos e croquis com exemplos reais de colisões.

3. Aplicação do Conhecimento (25 minutos) ● Simulação com carrinho robô programado no Arduino: ● No primeiro teste, o carrinho se desloca com velocidade constante (MRU) até atingir um obstáculo. ● No segundo, o carrinho acelera ou freia com aceleração constante (MRUV). ● Os alunos coletam dados como: tempo, distância, velocidade e aceleração. ● Utilizam as equações do MRU e MRUV para analisar matematicamente o movimento. ● Relacionam os dados obtidos com os riscos de colisão: como a aceleração ou a demora na frenagem influenciam na distância de parada e no impacto.
Avaliação da aula ● Atividade de síntese: construção de um gráfico comparativo entre o MRU e o MRUV usando os dados coletados com o carrinho.

AULA 03 - QUANTIDADE DE MOVIMENTO: VELOCIDADE, MASSA E IMPACTO

Público-alvo: Alunos da 3ª série do Ensino Médio Duração: 50 minutos
Área: Dinâmica e Conservação da Quantidade de Movimento
Objetivo geral: Compreender como a quantidade de movimento (ou momento linear) influencia a gravidade dos impactos em acidentes de trânsito, considerando a relação entre velocidade, massa e força do impacto, com apoio de simulações com carrinho robô.
1. Investigação Inicial (10 minutos) ● Diálogo inicial: os alunos refletem sobre por que veículos maiores, como caminhões ou ônibus, causam impactos mais severos em acidentes. ● Pergunta geradora: “Por que bater em um carro pequeno não é igual a bater em um caminhão, mesmo na mesma velocidade?”
2. Organização do Conhecimento (15 minutos) ● Exibição do vídeo 3: https://www.youtube.com/watch?v=RS0vifGc7Jg&rco=1 ● Introdução ao conceito de quantidade de movimento ($Q = m \cdot v$). ● O professor apresenta exemplos práticos: colisões entre carros de massas diferentes e com diferentes velocidades. ● Discussão sobre como a quantidade de movimento afeta o impacto e a

dificuldade de frenagem.

Comparação com esportes (ex: futebol ou boxe) para facilitar a compreensão do conceito de “força no impacto”.

3. Organização do conhecimento (25 minutos)

- Simulação com carrinho robô e massas diferentes:
- Alunos realizam testes com o carrinho em velocidades semelhantes, mas com variação da massa (adicionando pesos).
- Observam e registram os efeitos do impacto (ex: deslocamento de um obstáculo ou deformação em material simulado).
- Os alunos calculam a quantidade de movimento nas diferentes simulações.
- Relacionam os dados às consequências dos acidentes reais: maior massa → maior quantidade de movimento → maior impacto.

Avaliação da aula

- Discussão final: como o conhecimento sobre quantidade de movimento pode contribuir para uma direção mais consciente e segura?
- Tarefa de fixação: elaborar uma situação-problema real envolvendo colisão entre dois veículos, calculando a quantidade de movimento e refletindo sobre o impacto.

AULA 04 - O PAPEL DO ATRITO E DA ENERGIA NOS ACIDENTES

Público-alvo: Alunos da 3ª série do Ensino Médio **Duração:** 50 minutos

Área: Energia Mecânica, Trabalho e Atrito

Objetivo geral: Compreender como a energia cinética e o trabalho das forças de atrito influenciam a gravidade dos acidentes e a distância de frenagem de um veículo, aplicando o princípio da conservação da energia em situações simuladas com carrinho robô.

1. Investigação Inicial (10 minutos)

- Situação inicial: apresentar o vídeo 4: <https://www.youtube.com/shorts/YFM-3BDIY9c> - motorista perde controle do carro por conta de pista molhada.
 - Pergunta geradora:
 - “Por que um carro a 80 km/h precisa de muito mais distância para parar do que um carro a 40 km/h, mesmo que o dobro da velocidade pareça pouco?”
- Diálogo inicial: alunos comentam sobre experiências pessoais ou notícias envolvendo

frenagem e pista escorregadia.

2. Organização do Conhecimento (15 minutos)

- Relembrar o conceito de energia cinética $E_c = \frac{1}{2} m v^2$.
- Discutir que, ao frear, essa energia precisa ser dissipada, principalmente pelo trabalho da força de atrito ($\tau = F_{\text{atrito}} \cdot d$).
- Introduzir o princípio da conservação da energia: a energia cinética do carro é transformada em calor e deformação na frenagem/colisão.
- Comparar situações:
- Velocidade dobrada $\rightarrow$ energia quadruplicada $\rightarrow$ distância de frenagem muito maior.
- Atrito baixo (chuva, óleo) $\rightarrow$ menor trabalho do atrito $\rightarrow$ mais difícil parar.

3. Aplicação do Conhecimento (25 minutos)

- Experimento com carrinho robô:
- Configurar o carrinho para diferentes velocidades.
- Usar pistas com superfícies diferentes (lixa, tecido, plástico) para variar o atrito.
- Medir a distância de frenagem até parar.
- Cálculos:
- Determinar a energia cinética inicial para cada velocidade (E_c).
- Calcular o trabalho realizado pelo atrito (τ) e verificar a coerência com a distância percorrida.
- Análise:
- Relacionar maior velocidade $\rightarrow$ maior energia $\rightarrow$ mais distância para parar.
- Relacionar atrito baixo $\rightarrow$ menor trabalho $\rightarrow$ maior risco.

Avaliação da aula

Tarefa de fixação: Criar um problema real envolvendo frenagem em pista seca e molhada, calculando a energia cinética e a distância de frenagem.

4.8 Instrumentos de coleta de dados

Os dados da pesquisa foram coletados por meio de questionários com perguntas abertas, aplicados ao longo da intervenção pedagógica, ao final de cada aula. Esses questionários tiveram como objetivo identificar as concepções iniciais dos estudantes, acompanhar o desenvolvimento da compreensão dos conceitos físicos trabalhados e analisar possíveis

mudanças na percepção dos alunos sobre os acidentes de trânsito e a importância da Física para sua compreensão e prevenção. As questões propostas buscaram estimular a reflexão, a argumentação e a relação entre teoria e prática, permitindo que os estudantes expressassem suas ideias, compreensões e aprendizagens de forma discursiva.

QUESTIONÁRIOS PARA COLETA DE DADOS

AULA 1 - A relação Física e acidentes de trânsito: simulação do acidente com carro robô.

Questionário/perguntas geradoras

1. Qual condutor foi o causador do acidente? Como identificá-lo?
2. Como a física pode nos ajudar a entender o que acontece durante um acidente?
3. Como podemos prevenir esses acidentes?
4. Quais motivos são as causas mais comuns dos acidentes de trânsito?
5. O que acontece quando dois carros se chocam? Quais forças estão em jogo?
6. Quais os danos materiais, emocionais e sociais de um acidente de trânsito?
7. Como podemos prevenir esses acidentes? Como a física pode nos ajudar?

AULA 2 - Análise do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) em acidentes

Questionário/perguntas geradoras

1. Você já parou para pensar por que, em muitos acidentes, o veículo não conseguiu parar a tempo?
2. O que será que determina a distância necessária para um carro parar após frear?
3. Quais fatores influenciam a distância de frenagem de um veículo?
4. Como o movimento do carro antes de um acidente pode ser descrito de forma física?

AULA 3 - Quantidade de movimento: velocidade, massa e impacto

Questionário/perguntas geradoras

1. Como a velocidade e a massa de um veículo afetam a quantidade de movimento e, conseqüentemente, o impacto em um acidente?

2. O que podemos aprender sobre a segurança no trânsito a partir desse conceito?
3. Como o conceito de quantidade de movimento pode ser aplicado no desenvolvimento de sistemas de segurança, como airbags e cintos de segurança?
5. Como as leis da física, como o momento linear, podem ajudar na construção de estradas mais seguras e em estratégias de controle de velocidade?

AULA 4 - O papel do atrito e da energia nos acidentes

Questionário/perguntas geradoras

1. Se um dos carros freasse bruscamente para evitar a colisão. O que faria com que ele pare?
2. Que tipo de energia estaria envolvida?
3. Para onde vai essa energia?
4. O que causou esse acidente?
5. Como a Física pode explicar o que ocorreu?
6. Qual o papel da velocidade, do atrito e da energia?
7. Como o atrito entre os pneus e a estrada influencia a capacidade de frenagem?
8. Por que será que em condições de pista molhada ou com óleo na estrada, o risco de acidentes aumenta? Será que a força de atrito é a mesma em diferentes superfícies?

4.9 Procedimentos de análise dos dados

A análise dos dados foi realizada a partir de uma abordagem qualitativa e descritiva, considerando as respostas dos estudantes aos questionários aplicados durante a intervenção.

Inicialmente, as respostas foram organizadas e lidas de forma integral, buscando-se identificar ideias recorrentes, padrões de resposta e elementos significativos relacionados à compreensão dos conceitos físicos abordados, tais como velocidade, aceleração, quantidade de movimento, energia cinética e atrito.

Em seguida, as respostas abertas foram agrupadas em categorias temáticas, definidas a partir da recorrência e do sentido dos discursos apresentados pelos alunos. Essas categorias permitiram analisar: 1 - A compreensão conceitual dos fenômenos físicos; 2 - A capacidade de relacionar os conceitos da Física com situações reais do trânsito; 3 - O desenvolvimento da conscientização sobre segurança e responsabilidade no trânsito.

Por fim, os dados obtidos foram interpretados à luz do referencial teórico que fundamenta a pesquisa, possibilitando uma análise crítica das contribuições da intervenção pedagógica para a aprendizagem dos estudantes e para a formação de uma postura mais consciente frente às problemáticas do trânsito.

Ressalta-se que a análise dos dados também considerou o papel dos Três Momentos Pedagógicos como eixo estruturante da intervenção. A Investigação Inicial possibilitou identificar os conhecimentos prévios dos estudantes e suas percepções sobre os acidentes de trânsito, fornecendo subsídios importantes para a compreensão do ponto de partida do processo de aprendizagem. A Organização do Conhecimento permitiu acompanhar a apropriação progressiva dos conceitos físicos trabalhados, à medida que os alunos relacionavam teoria e situações concretas vivenciadas no cotidiano do trânsito. Já a Aplicação do Conhecimento evidenciou como os estudantes mobilizaram os conceitos aprendidos para interpretar, explicar e problematizar situações reais, demonstrando avanços na compreensão conceitual e na conscientização sobre segurança no trânsito.

Nesse sentido, a adoção dos Três Momentos Pedagógicos mostrou-se fundamental para a análise dos dados, uma vez que o pesquisador esteve inserido na realidade da sala de aula, atuando como professor-pesquisador durante a realização das aulas/oficina pedagógica. Essa inserção permitiu compreender o processo de aprendizagem de forma dinâmica e contextualizada, considerando não apenas os resultados finais expressos nos questionários, mas também o percurso formativo construído ao longo da intervenção.

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL E RESULTADOS

5.1 Análise dos dados/resultados e relato das aulas.

A análise dos dados coletados durante a sequência didática evidenciou diferentes dimensões do engajamento e da aprendizagem dos estudantes na experimentação com os carrinhos robôs controlados pelo Arduino. A coleta de dados foi realizada tanto pelo professor-pesquisador, por meio de perguntas problematizadoras, registros fotográficos e anotações sistemáticas, quanto pelos próprios alunos, que efetuaram medições de tempo, velocidade, aceleração e massa dos carrinhos durante os testes.

5.1.1 Levantamento de hipóteses: Investigação Inicial

Antes da realização do experimento, a turma foi organizada em equipes, e cada grupo foi solicitado a formular previsões sobre o comportamento dos carrinhos durante uma colisão, conforme registrado no Quadro 2. Esse primeiro momento pedagógico teve como objetivo não apenas estimular a reflexão inicial, mas também identificar as concepções intuitivas dos estudantes. Essas previsões serão posteriormente confrontadas com os resultados do experimento prático. As perguntas foram: 1. Eles vão parar imediatamente? 2. Vão continuar em movimento? 3. Um carro empurra o outro? 4. O que acontece com a velocidade?

Quadro 2 - Quadro de predição com as respostas dos alunos

Equipe 1	A gente acha que sim, porque quando bate um no outro eles perdem a força e param.
Equipe 2	“Acho que vão continuar um pouco depois da batida, porque já estavam em movimento.”
Equipe 3	“Sim, o mais forte ou mais pesado empurra o outro.”
Equipe 4	“A velocidade muda, porque um diminui e o outro pode aumentar depois da batida.”

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A análise das respostas apresentadas no Quadro 2 revela a presença de diferentes níveis de compreensão por parte dos estudantes em relação ao fenômeno da colisão. De modo geral, observa-se que as hipóteses formuladas se apoiam em experiências cotidianas e no senso

comum, ainda que já apontem indícios de construção de conceitos físicos mais elaborados.

A Equipe 1 afirmou que *“quando bate um no outro eles perdem a força e param”*, evidenciando uma concepção inicial baseada na ideia de que o movimento se extingue em função da colisão. Essa explicação revela uma compreensão limitada, na medida em que associa o fim do movimento à *“perda de força”*, sem considerar a possibilidade de continuidade do movimento após o impacto, conforme previsto pelo princípio da inércia.

Em contraste, a Equipe 2 apresentou uma hipótese mais elaborada ao afirmar que *“vão continuar um pouco depois da batida, porque já estavam em movimento”*. Essa resposta demonstra uma aproximação com a noção de continuidade do movimento, indicando que os estudantes reconhecem que a colisão não implica necessariamente a interrupção imediata do deslocamento.

A Equipe 3, ao afirmar que *“o mais forte ou mais pesado empurra o outro”*, evidencia uma interpretação centrada na massa como fator determinante da interação. Embora essa ideia tenha relação com aspectos reais do fenômeno, ela ainda se mostra parcial, por desconsiderar o papel da velocidade na dinâmica da colisão.

Por sua vez, a Equipe 4 apresentou uma explicação mais abrangente ao afirmar que *“a velocidade muda, porque um diminui e o outro pode aumentar depois da batida”*. Essa resposta indica um nível mais avançado de compreensão, ao reconhecer que há redistribuição do movimento entre os corpos envolvidos, aproximando-se da ideia de transferência de quantidade de movimento.

A coexistência dessas diferentes interpretações no grupo cria um cenário propício ao surgimento de conflitos de ideias, fundamentais para o processo de aprendizagem. Enquanto algumas concepções apontam para a interrupção do movimento, outras indicam sua continuidade ou transformação, evidenciando a necessidade de confronto com os dados experimentais. Nesse sentido, as hipóteses formuladas constituem um ponto de partida importante para a atividade investigativa, na medida em que permitem a problematização das ideias iniciais e favorecem a construção progressiva de explicações mais consistentes do ponto de vista científico.

5.1.2 Organização do conhecimento

No segundo momento da sequência didática, o professor conduziu a problematização das previsões formuladas pelas equipes, relacionando-as a situações reais de trânsito e introduzindo as equações e conceitos fundamentais da Física, tais como velocidade, aceleração,

atrito, distância de frenagem, quantidade de movimento, impulso e energia cinética. Essa etapa teve a função de organizar o conhecimento, articulando a teoria às experiências cotidianas dos alunos e preparando-os para a fase experimental (Quadro 3).

Quadro 3 - Quadro das respostas das perguntas geradoras no momento da Organização do conhecimento

Perguntas geradoras	Respostas dos alunos
1. Você já parou para pensar por que, em muitos acidentes, o veículo não consegue parar a tempo?	“Acho que foi porque estava muito rápido, aí não deu tempo de parar.” “Pode ser o tempo que o motorista demora pra reagir, porque mesmo freando o carro ainda anda um pouco.”
2. O que será que determina a distância necessária para um carro parar após frear?	“Quanto mais rápido estiver, mais longe ele vai antes de parar.” “Depende da velocidade, do freio e também do atrito com o chão.”
3. Quais fatores influenciam a distância de frenagem de um veículo?	“A pista molhada faz o carro escorregar mais.” “A velocidade, o peso do carro e as condições da pista influenciam juntos.”
4. Como o movimento do carro antes de um acidente pode ser descrito de forma física?	“Ele está em movimento e depois vai diminuindo até parar.” “Ele tem velocidade e quantidade de movimento, e isso muda quando acontece a colisão.”

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A análise das falas dos estudantes evidencia diferentes níveis de compreensão acerca dos fenômenos físicos envolvidos na frenagem e nas colisões. De modo geral, observa-se que os alunos partem de explicações baseadas no senso comum, mas, ao longo das discussões, começam a incorporar elementos mais próximos do conhecimento científico.

No que se refere à primeira questão, sobre os motivos pelos quais um veículo não consegue parar a tempo. A equipe 1 apresentou explicações centradas exclusivamente na velocidade, como na fala do aluno A: “*acho que foi porque estava muito rápido*”. Essa resposta

revela uma compreensão inicial, ainda limitada a um único fator. Em contrapartida, outros alunos ampliaram essa interpretação ao considerar o tempo de reação do motorista, afirmando que *“mesmo freando o carro ainda anda um pouco”*, indicando uma percepção mais elaborada do fenômeno.

Em relação à segunda questão, que trata da distância de parada, observa-se novamente a presença de explicações parciais, como a resposta do aluno B, representante da equipe 2: *“quanto mais rápido estiver, mais longe ele vai antes de parar”*. Embora correta, essa resposta não contempla outros fatores relevantes. Por outro lado, a fala *“depende da velocidade, do freio e também do atrito com o chão”* demonstra um avanço conceitual, ao integrar múltiplas variáveis na explicação.

Na terceira questão, sobre os fatores que influenciam a frenagem, os estudantes mobilizaram conhecimentos do cotidiano, como na afirmação do aluno C, representante da equipe 3: *“a pista molhada faz o carro escorregar mais”*. Essa resposta indica uma compreensão empírica baseada na experiência. Já a fala *“a velocidade, o peso do carro e as condições da pista influenciam juntos”* revela uma tentativa de sistematização desses conhecimentos, aproximando-se de uma visão mais científica e articulada.

Por fim, na quarta questão, que solicita uma descrição física do movimento, observam-se diferenças mais acentuadas entre os níveis de aprendizagem. Enquanto o aluno D apresenta uma resposta descritiva e pouco conceitual, como *“ele está em movimento e depois vai diminuindo até parar”*, o aluno E utiliza um termo mais próximo da Física, como *“velocidade”* e *“quantidade de movimento”*, indicando um nível mais avançado de compreensão.

De modo geral, as falas analisadas evidenciam a coexistência de diferentes formas de pensamento no grupo, desde explicações simplificadas até interpretações mais elaboradas. Esse cenário favorece a emergência de conflitos de ideias, fundamentais para o processo de aprendizagem, na medida em que estimulam a problematização das concepções iniciais. Assim, a atividade possibilitou não apenas a identificação dessas diferentes compreensões, mas também a criação de condições para sua superação, contribuindo para a construção progressiva do conhecimento científico.

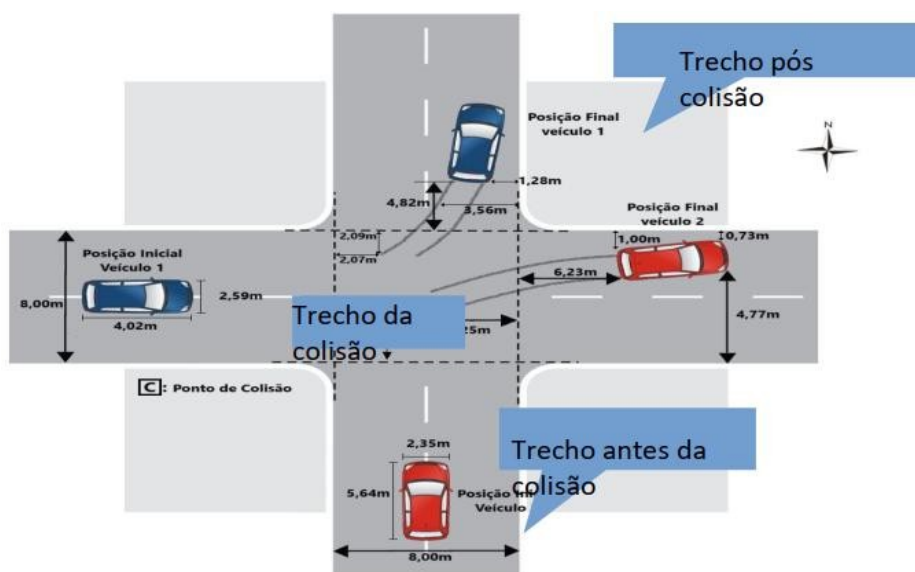
5.1.3 Aplicação do Conhecimento

Na etapa prática, os estudantes realizaram o experimento propriamente dito, utilizando os carrinhos robôs controlados pelo Arduino. Antes do início das medições, o professor preparou cuidadosamente o cenário experimental, seguindo os seguintes procedimentos:

1. Demarcou no chão um cruzamento com duas vias perpendiculares utilizando fita crepe, com aproximadamente 2 metros em cada via.
2. Carregou o código nos dois carrinhos robôs para que se movimentassem em linha reta e parassem automaticamente após a colisão.
3. Testou os sensores piezoelétricos, garantindo que detectassem corretamente os impactos.
4. Organizou os materiais necessários, mantendo-os de fácil acesso para os estudantes.

A demarcação do cruzamento a seguir (Figura 6) representa, em escala reduzida, um cenário viário real, no qual veículos trafegam por vias perpendiculares e podem se envolver em colisões laterais. Após o impacto, os carrinhos seguem trajetórias distintas, simulando o comportamento de veículos em situações reais. Essa configuração permite aos alunos visualizar de maneira clara e detalhada os momentos antes, durante e depois da colisão, promovendo uma compreensão prática e contextualizada dos conceitos físicos envolvidos.

Figura 6 – Simulação do acidente de trânsito



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Procedeu-se à coleta de dados por cada equipe, utilizando-se os sensores previamente instalados nos carrinhos. Os robôs foram acionados simultaneamente e, a cada passagem pelos pontos demarcados na pista, ao longo da qual os alunos se posicionaram em pontos predefinidos, sendo o primeiro a 2 m da origem e o segundo a 4 m do mesmo referencial, considerando-se que ambos os carrinhos partiram do repouso, registraram-se, com o auxílio de cronômetros, os instantes correspondentes às posições previamente estabelecidas (Figura

7).

Figura 7 – Alunos posicionados para medição do tempo e posição da trajetória simulada



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2025)

Com base nas equações do movimento uniformemente variado (MRUV), determinaram-se as grandezas físicas apresentadas no Quadro 4. Os resultados obtidos encontram-se dispostos no referido quadro a seguir.

Quadro 4 – Tabela de dados coletados durante o experimento

Posição	Tempo (s) cronômetro	Tempo (s) (sensor)	Distância (m)	Velocidade (m/s)	Aceleração (m/s ²)
01	1,00	0,98	2,00	4,00	4,00
02	2,00	1,96	4,00	8,00	4,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os dados apresentados no Quadro 4, em articulação com as hipóteses iniciais dos estudantes, evidencia um processo significativo de reconstrução conceitual ao longo da atividade experimental. Inicialmente, parte dos alunos defendia a ideia de que apenas um fator isolado, como a velocidade (“o mais rápido causa mais dano”) ou a massa (“o mais pesado bate mais forte”), seria determinante no resultado da colisão.

Entretanto, ao observarem os dados coletados, os estudantes perceberam que a velocidade variou de 4,00 m/s para 8,00 m/s entre as posições analisadas, enquanto a aceleração apresentou-se constante. Esses resultados suscitaram interpretações importantes por parte dos alunos, como na fala: “a velocidade até aumentou um pouco, mas depois parece que perde força”, indicando uma tentativa de compreender a variação das grandezas envolvidas. Outro

estudante questionou: “se a aceleração diminuiu, por que ele ainda está se movendo?”, revelando dúvidas relacionadas à distinção entre velocidade e aceleração.

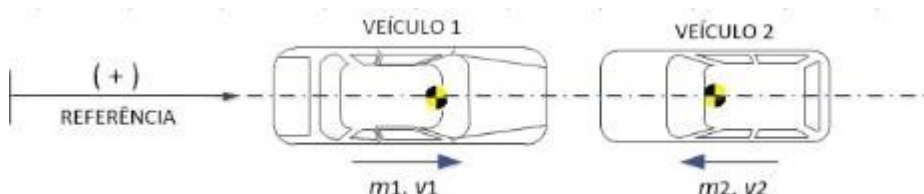
Durante a discussão, emergiram explicações que demonstram avanço conceitual, ainda que em construção. Um aluno afirmou: “acho que não é só a velocidade, tem também o peso e o jeito que bate”, aproximando-se da compreensão de que diferentes variáveis interferem na colisão. Além disso, observações como “o carrinho não parou na hora, então alguma coisa continua fazendo ele andar” indicam uma percepção inicial sobre a inércia e a conservação do movimento.

Do ponto de vista físico, os dados sugerem que, mesmo com a diminuição da aceleração, possivelmente associada a forças dissipativas, como o atrito, o carrinho mantém seu movimento, o que pode ser explicado pelo princípio da inércia. A variação da velocidade, ainda que pequena, reforça que o movimento não depende exclusivamente de um único fator, mas da interação entre massa, velocidade e forças atuantes durante a colisão. Além disso, a redução da aceleração após o impacto pode ser interpretada como resultado da dissipação de energia cinética em outras formas, como som e calor.

Dessa forma, o confronto entre as hipóteses iniciais e os dados experimentais permitiu aos estudantes perceber que suas explicações baseadas em um único fator eram insuficientes. O experimento possibilitou a ampliação dessas concepções, conduzindo à compreensão de que o fenômeno da colisão envolve múltiplas variáveis inter-relacionadas. Assim, conclui-se que a atividade favoreceu o fechamento do ciclo investigativo, hipótese, experimentação e conclusão, ao promover a problematização das ideias iniciais e a construção de explicações mais próximas do conhecimento científico.

A partir dos valores apresentados no Quadro 5, os estudantes puderam analisar a conservação da quantidade de movimento no sistema durante a colisão. Considerando a equação da quantidade de movimento $Q = m \cdot v$, (em que m é a massa e v a velocidade) e sabendo que $m = 0,25\text{kg}$, verificou-se que a soma das quantidades de movimento antes da colisão ($Q = 4,00 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$) e após a colisão ($Q = 4,00 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$) apresentou valores equivalentes, indicando, em princípio, a conservação dessa grandeza física.

Quadro 5 - Quadro das velocidades antes e depois da colisão e quantidade de movimento



	Antes	Depois
Velocidade - V1 (m/s)	8,00	10,0
Velocidade - V2 (m/s)	8,00	6,00
Quantidade de Movimento - Q (kg . m/s)	4,00	4,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Essa constatação gerou reflexões importantes entre os alunos, que passaram a questionar seus resultados. Um estudante afirmou: “*mesmo mudando a velocidade dos dois, o total ficou igual*”, enquanto outro questionou: “*isso quer dizer que nada se perdeu na batida?*”. Essas falas evidenciam o processo de compreensão de que, embora ocorram mudanças nas velocidades individuais, a quantidade de movimento total do sistema pode se manter constante. Entretanto, a análise não se limitou à verificação numérica. Os estudantes também foram instigados a refletir sobre possíveis discrepâncias entre valores teóricos e experimentais. Nesse contexto, surgiram questionamentos como: “*e se tivesse dado um valor diferente?*” e “*o atrito não interfere nesses resultados?*”. Tais indagações permitiram introduzir a discussão sobre fatores que podem influenciar os dados obtidos experimentalmente.

Do ponto de vista físico, embora os resultados indiquem a conservação da quantidade de movimento, é necessário considerar que o sistema real não é perfeitamente isolado. A presença de forças externas, como o atrito entre os carrinhos e a superfície, bem como possíveis imprecisões nas medições de tempo e velocidade, podem gerar pequenas variações nos valores obtidos. Além disso, limitações do aparato experimental também podem influenciar os resultados, afastando-os do comportamento ideal previsto teoricamente.

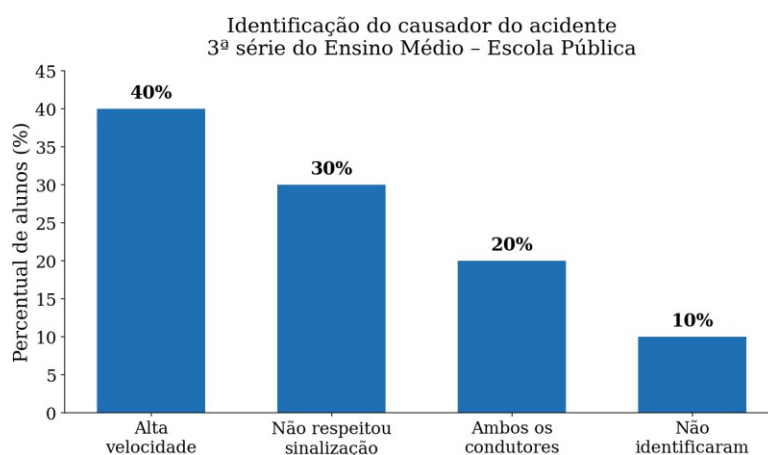
Assim, a atividade possibilitou não apenas a verificação da conservação da quantidade de movimento, mas também a compreensão de que os resultados experimentais devem ser interpretados criticamente. Conclui-se que a análise dos dados, aliada à problematização das condições reais do experimento, contribuiu para uma compreensão mais aprofundada do fenômeno, evidenciando a importância da articulação entre teoria e prática no ensino de Física.

5.2 Percepção e Aprendizagem dos Estudantes

Após as atividades experimentais, analisou-se como os estudantes compreendem a importância da Física e percebem os fatores que contribuem para acidentes de trânsito. No que se refere à percepção de riscos, os alunos também destacaram o excesso de velocidade como o principal fator, seguido pelo uso de celular e pelo consumo de álcool. Essa interpretação foi corroborada pelas discussões em sala de aula, nas quais emergiram reflexões consistentes sobre a imprudência no trânsito, a relevância do tempo de reação do condutor, os efeitos do aumento da velocidade e da redução do atrito na distância de frenagem, bem como os impactos emocionais e sociais decorrentes das colisões. Esses elementos indicam que a aprendizagem transcendeu a dimensão técnica dos conteúdos, avançando para uma compreensão ampla e contextualizada, articulando aspectos científicos, sociais e humanos. Esses dados subsidiaram a elaboração dos gráficos apresentados a seguir.

A Figura 8 indica que 40% dos estudantes atribuíram o acidente simulado à alta velocidade, enquanto 30% apontaram o desrespeito à sinalização como principal fator causal. Esses resultados evidenciam que a maioria dos alunos mobilizou explicações fundamentadas em comportamentos de risco amplamente reconhecidos no contexto social do trânsito, demonstrando a presença de conhecimentos prévios construídos a partir de experiências cotidianas, campanhas educativas e vivências pessoais.

Figura 8 – Identificação do causador do acidente simulado



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor (2025).

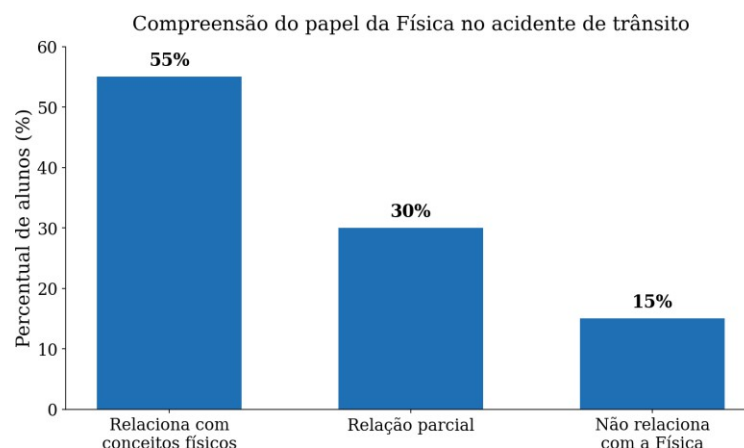
As respostas analisadas evidenciam a presença de explicações baseadas sobretudo nas

experiências cotidianas dos alunos, conforme discutido por Freire (1996). Apesar de constituírem um ponto de partida importante para a aprendizagem, essas explicações permanecem pouco articuladas aos conceitos científicos da Física. Observa-se, ainda, que a atribuição de responsabilidade recai majoritariamente sobre a conduta dos motoristas, revelando uma interpretação de caráter moral, em detrimento da análise dos fatores físicos que condicionam o acidente, como velocidade, quantidade de movimento e tempo de interação.

Observa-se ainda que 20% dos estudantes atribuíram a responsabilidade a ambos os condutores, indicando um avanço na análise da situação ao considerar a interação entre os veículos. Esse resultado sinaliza um movimento inicial de superação de explicações simplistas, aproximando-se de uma compreensão mais sistêmica do fenômeno, coerente com os princípios da Física das colisões. Por outro lado, 10% dos alunos não conseguiram identificar o causador do acidente, o que evidencia limitações conceituais e reforça a necessidade de mediação pedagógica intencional.

Nesse sentido, a simulação experimental e a organização da atividade segundo os Três Momentos Pedagógicos cumpriram papel fundamental ao provocar o conflito cognitivo e criar condições para a transição do senso comum para uma compreensão científica mais elaborada. Conforme destaca Freire (1996), é a problematização da realidade que impulsiona a curiosidade epistemológica, permitindo que os estudantes avancem na construção do conhecimento. Assim, os dados da Figura 8 reforçam o potencial da atividade como estratégia problematizadora, orientando a organização do conhecimento nas etapas subsequentes da sequência didática.

A partir das respostas obtidas nos questionários, a Figura 9 evidencia que 55% dos estudantes conseguiram relacionar o acidente simulado a conceitos físicos, enquanto 30% estabeleceram relações parciais e 15% não conseguiram associar o fenômeno observado aos conteúdos da Física. Esses resultados indicam que a maioria dos alunos foi capaz de mobilizar conhecimentos científicos para interpretar uma situação do cotidiano, embora ainda persistam limitações conceituais em parte da turma.

Figura 9 – Compreensão do papel da física no acidente de trânsito

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor (2025).

À luz do referencial freireano, esse resultado revela um movimento de transição do *saber de experiência feito* para uma compreensão mais sistematizada do conhecimento científico. Conforme destaca Freire (1996), a superação do senso comum ocorre quando a curiosidade ingênua é provocada e conduzida à curiosidade epistemológica. Nesse sentido, as associações parciais ou a ausência de relação com a Física indicam que alguns estudantes ainda se encontram em um estágio inicial desse processo, necessitando de mediações pedagógicas mais intencionais.

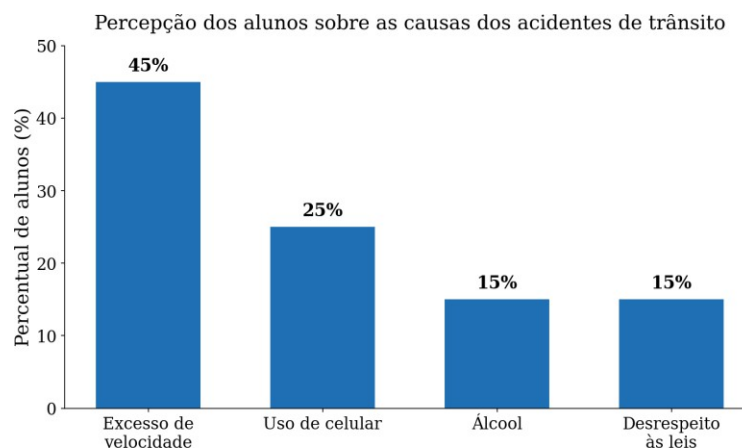
As discussões realizadas em sala de aula, especialmente durante os momentos de organização e aplicação do conhecimento, possibilitaram avançar nessa compreensão ao explorar conceitos como velocidade, energia cinética, atrito e tempo de reação do condutor. Ao relacionar esses conceitos aos efeitos observados na simulação, como o aumento da distância de frenagem e a intensidade do impacto, os alunos passaram a compreender que os acidentes de trânsito não decorrem apenas de comportamentos imprudentes, mas também de leis físicas que regem o movimento e as interações entre os corpos.

Assim, os dados da Figura 9 indicam que a aprendizagem ultrapassou a dimensão meramente descritiva, avançando para uma compreensão contextualizada dos fenômenos físicos, articulando ciência, tecnologia e responsabilidade social. Esse resultado reforça o potencial da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos em promover a construção de sentidos para o conhecimento científico, tornando a Física uma ferramenta relevante para a compreensão e a prevenção dos acidentes de trânsito.

O gráfico representado pela Figura 10 aponta que 45% dos estudantes apontaram o excesso de velocidade como principal causa dos acidentes de trânsito, seguido pelo uso de celular ao volante (25%), pelo consumo de álcool (15%) e pelo desrespeito às leis de trânsito

(15%). Esses resultados indicam que os alunos mobilizam predominantemente explicações baseadas em comportamentos de risco amplamente divulgados em campanhas educativas e no discurso social sobre segurança viária.

Figura 10 – Percepção dos alunos sobre as causas dos acidentes de trânsito



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor (2025).

À luz da pedagogia freireana, as respostas dos estudantes revelam conhecimentos construídos a partir de suas experiências cotidianas, influências midiáticas e normas sociais relacionadas ao trânsito. Esses saberes prévios desempenham um papel importante como ponto de partida para a aprendizagem; contudo, ainda não se articulam, de forma consistente, a uma compreensão conceitual dos fenômenos físicos que fundamentam os acidentes, tais como as interações de forças, a variação da quantidade de movimento e o intervalo temporal das colisões.

Essa limitação tornou-se mais evidente durante a análise das respostas relacionadas às forças de interação envolvidas nas colisões, nas quais se observaram dificuldades conceituais significativas, especialmente no que se refere à aplicação da terceira Lei de Newton. Apenas uma parcela dos estudantes conseguiu identificar corretamente as forças atuantes no impacto, enquanto a maioria apresentou explicações superficiais ou não reconheceu essas interações, revelando a permanência de concepções intuitivas e fragmentadas.

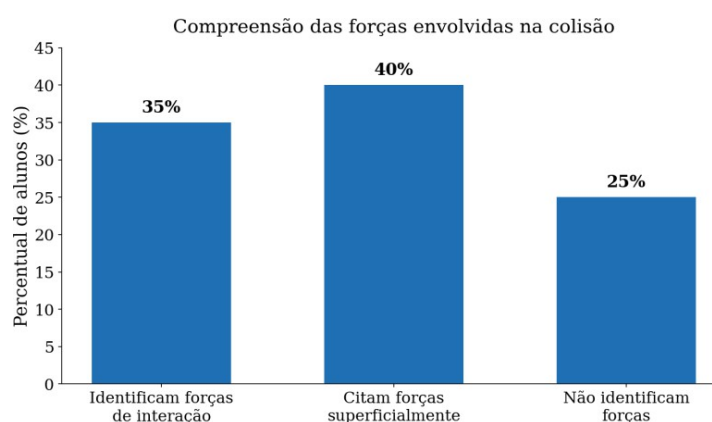
Do ponto de vista da Física, as forças de colisão estão diretamente associadas à variação da quantidade de movimento e ao intervalo de tempo em que ocorre a interação entre os veículos, sendo determinantes para a intensidade do impacto e para os danos materiais e humanos decorrentes do acidente. A não compreensão desses aspectos pode levar à subestimação dos efeitos do aumento da velocidade e da redução do tempo de frenagem, reforçando interpretações simplistas sobre a gravidade das colisões.

Nesse contexto, a organização da sequência didática segundo os Três Momentos Pedagógicos mostrou-se fundamental para enfrentar essas dificuldades. Na Investigação Inicial, as explicações baseadas exclusivamente em comportamentos de risco permitiram ao professor identificar os limites do conhecimento prévio dos estudantes. A Organização do Conhecimento promoveu o confronto dessas concepções com os modelos científicos da Física, possibilitando a introdução sistematizada das leis do movimento e das forças de interação. Por fim, na Aplicação do Conhecimento, a retomada da simulação experimental favoreceu a ressignificação dos conceitos, permitindo que os alunos compreendessem que os acidentes não dependem apenas da conduta humana, mas também de leis físicas que regem o movimento e as colisões.

Assim, os dados analisados reforçam que a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos contribuiu para evidenciar os limites do senso comum e criar condições para o avanço em direção a uma compreensão científica mais crítica e contextualizada dos acidentes de trânsito, integrando aspectos físicos, sociais e educativos.

Ao analisar a compreensão dos alunos sobre as forças envolvidas numa colisão, os dados apresentados na Figura 11 indicam que 35% dos estudantes conseguiram identificar corretamente as forças de interação envolvidas na colisão, enquanto 40% as reconheceram apenas de forma superficial e 25% não conseguiram identificá-las. Esses resultados evidenciam que, embora a atividade experimental tenha favorecido a visualização do fenômeno, a compreensão das forças de interação, especialmente à luz da terceira Lei de Newton, ainda representa um desafio conceitual significativo para parte dos alunos.

Figura 11 – Compreensão das forças envolvidas na colisão



Fonte: Gráfico elaborado pelo autor (2025).

Sob a perspectiva da educação problematizadora proposta por Paulo Freire (1996), tais

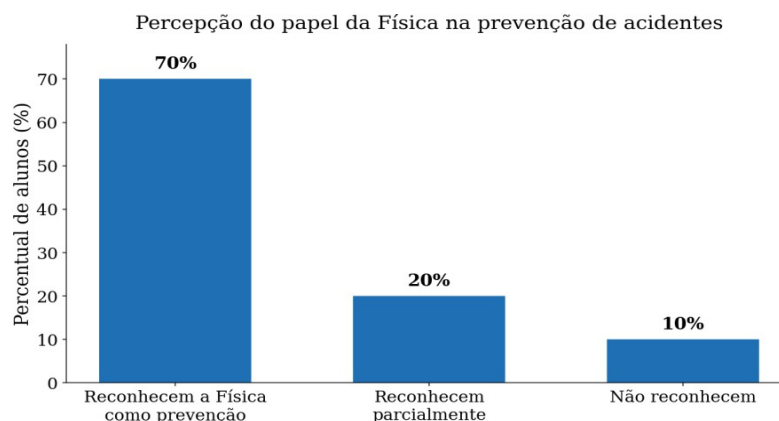
difficultades revelam os limites do *saber de experiência feito* quando não é confrontado de maneira sistemática com o conhecimento científico. A tendência a descrever o fenômeno apenas em termos de “força maior” ou “empurrão mais forte” indica a permanência de explicações intuitivas, que ainda não foram plenamente superadas pela curiosidade epistemológica.

Nesse sentido, a organização da intervenção segundo os Três Momentos Pedagógicos mostrou-se fundamental para a mediação desse processo. Na Investigação Inicial, as concepções espontâneas dos estudantes emergiram a partir da observação da simulação, permitindo identificar compreensões simplificadas sobre o impacto. Na Organização do Conhecimento, a introdução sistematizada das leis de Newton possibilitou discutir o caráter recíproco das forças de interação e sua relação com a variação da quantidade de movimento. Já na Aplicação do Conhecimento, a retomada do experimento favoreceu a ressignificação dessas concepções, ainda que de forma gradual e não homogênea entre os estudantes.

Do ponto de vista da Física, compreender as forças envolvidas na colisão é essencial para interpretar a intensidade do impacto e os danos decorrentes do acidente, uma vez que essas forças dependem da velocidade, da massa dos veículos e do tempo de interação. A dificuldade em reconhecer esses elementos pode levar à subestimação dos riscos associados ao aumento da velocidade e à falsa percepção de controle sobre situações de colisão.

Assim, os resultados da Figura 11 reforçam a importância de um ensino de Física contextualizado e problematizador, que articule experimentação, mediação docente e reflexão crítica. A proposta didática adotada mostrou-se eficaz ao tornar visíveis conceitos abstratos, ao mesmo tempo em que evidenciou a necessidade de retomadas conceituais e aprofundamentos teóricos para a consolidação do conhecimento científico.

Para analisar a percepção dos estudantes sobre o papel da física no acidente de trânsito, foi proposto o seguinte questionamento: Quais motivos são as causas mais comuns dos acidentes de trânsito? E os dados da Figura 12 revelam que 70% dos estudantes reconhecem a Física como uma ferramenta fundamental na prevenção de acidentes de trânsito, enquanto 20% apresentam esse reconhecimento de forma parcial e 10% não conseguem estabelecer essa relação. Esses resultados indicam que a maioria dos alunos atribuiu significado social ao conhecimento científico, compreendendo que os conceitos físicos estudados ultrapassam o espaço escolar e possuem implicações diretas na preservação da vida e na segurança viária.

Figura 12 – Percepção do papel da física no acidente de trânsito

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor (2025).

Sob a perspectiva freireana, esse reconhecimento pode ser interpretado como um avanço no processo de conscientização, na medida em que os estudantes passam a compreender a realidade de forma mais crítica e fundamentada. Conforme Freire (1996), a educação deve possibilitar que o educando perceba as relações entre conhecimento e transformação da realidade. Nesse sentido, o entendimento da Física como instrumento de prevenção sinaliza a superação parcial de uma visão fragmentada do conteúdo escolar, aproximando-o das práticas sociais concretas.

A organização da intervenção segundo os Três Momentos Pedagógicos foi decisiva para esse avanço. Na Investigação Inicial, as discussões sobre acidentes e comportamentos de risco permitiram que os alunos expressassem suas percepções e experiências cotidianas. A Organização do Conhecimento possibilitou a sistematização dos conceitos físicos envolvidos, como velocidade, energia cinética, atrito e distância de frenagem, relacionando-os diretamente às situações vivenciadas no trânsito. Já na Aplicação do Conhecimento, a retomada da simulação experimental favoreceu a consolidação dessas relações, permitindo que os estudantes compreendessem como o domínio das leis físicas pode orientar práticas mais seguras.

Apesar dos resultados positivos, foram observadas dificuldades e limitações, como a falta de infraestrutura adequada, a defasagem de aprendizagem em conteúdos básicos e o tempo reduzido disponível para a realização de experimentações mais aprofundadas. Constatou-se também que conceitos mais abstratos, especialmente aqueles relacionados à energia e ao trabalho, demandam maior tempo de exploração e retomadas conceituais para sua consolidação. Esses desafios, contudo, não invalidam os resultados alcançados. Ao contrário, evidenciam as condições reais da escola pública e reforçam a importância de estratégias

didáticas que viabilizem a experimentação científica de forma acessível e contextualizada. De modo geral, os resultados demonstram que a sequência didática desenvolvida promoveu o engajamento dos estudantes e a reflexão crítica sobre o trânsito, reafirmando o potencial do ensino de Física contextualizado como instrumento de formação científica e cidadã.

A seguir, apresenta-se o relato das quatro aulas desenvolvidas na sequência didática estabelecida.

Aula 1 – A relação física e acidentes de trânsito: simulação do acidente com carro robô

Relato:

No início da aula, os alunos demonstraram curiosidade ao observar o carrinho robô e a pista experimental montada em sala. Durante a apresentação da proposta, ao serem informados de que o objetivo da atividade era compreender os acidentes de trânsito a partir da Física, alguns estudantes manifestaram surpresa, comentando que *“nunca tinham pensado que a Física tinha relação com dirigir”*.

Esse momento caracteriza o primeiro momento pedagógico, problematização inicial, no qual emergiram concepções espontâneas e saberes do cotidiano dos alunos sobre o trânsito.

Na sequência, foi realizada a primeira simulação, na qual um carrinho colidiu com outro carrinho. Durante o experimento, os estudantes mantiveram-se atentos e curiosos em relação aos resultados observados. Diversos questionamentos surgiram, tais como: *“Se aumentar a velocidade, o outro vai ser empurrado mais longe?”*, *“Isso é igual a um acidente de verdade entre carros?”* e *“Se um for mais pesado que o outro, o que acontece?”*.

Essas indagações evidenciam o interesse dos alunos e a formulação de hipóteses, configurando um movimento de transição para o segundo momento pedagógico, organização do conhecimento, no qual se iniciam discussões sobre velocidade, massa e intensidade do impacto.

Durante a atividade prática, alguns alunos passaram a sugerir diferentes tipos de obstáculos e estratégias de medição, demonstrando maior envolvimento com o experimento. Ao final da aula, muitos relacionaram a simulação com acidentes reais vistos na mídia ou vivenciados em seu cotidiano, destacando que, embora na realidade não seja possível observar o fenômeno em “câmera lenta”, os efeitos do impacto seriam semelhantes.

Esse momento de reflexão contribuiu para o terceiro momento pedagógico, aplicação do conhecimento, ao permitir que os estudantes estabelecessem relações entre o experimento, os conceitos físicos envolvidos e situações reais do trânsito.

Aula 2 – Análise do MRU e do MRUV em situações de acidentes de trânsito

Relato:

A introdução dos conceitos de movimento retilíneo uniforme (MRU) e movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) foi recebida com relativa familiaridade pelos estudantes, que associaram o conteúdo a exercícios estudados em anos anteriores. Entretanto, ao se estabelecer a relação desses movimentos com situações reais de aceleração e frenagem em acidentes de trânsito, observou-se maior atenção e interesse por parte da turma, caracterizando o primeiro momento pedagógico, problematização inicial.

Na etapa experimental, o carrinho robô foi lançado com diferentes velocidades, percorrendo distâncias previamente delimitadas. Os alunos passaram a cronometrar o movimento de forma espontânea, levantando hipóteses sobre o comportamento do carrinho, o que evidencia o segundo momento pedagógico, organização do conhecimento, no qual os conceitos de velocidade média, aceleração e tempo foram discutidos a partir dos dados obtidos.

Durante a atividade, surgiram questionamentos como: *“Por que parece que ele acelera mais rápido no começo?”*, *“A aceleração explica a derrapagem?”* e *“Se o carro estivesse em uma descida, a velocidade seria maior?”*. Essas perguntas demonstram a ampliação da compreensão dos alunos e a tentativa de aplicar os conceitos físicos a situações concretas do trânsito.

O momento de maior engajamento ocorreu na simulação de frenagem em planos inclinados, em subida e descida. Os estudantes perceberam que a inclinação do plano interferia na capacidade de parada do carrinho, o que gerou discussões espontâneas sobre a Física envolvida na circulação de veículos em vias reais. Essa reflexão caracteriza o terceiro momento pedagógico, aplicação do conhecimento, ao possibilitar a articulação entre os conceitos de MRU e MRUV, a ação da gravidade e situações vivenciadas no cotidiano do trânsito.

Aula 3 – Quantidade de movimento: velocidade, massa e impacto

Relato:

A introdução do conceito de quantidade de movimento gerou estranhamento inicial entre os estudantes, evidenciado por expressões de dúvida. Contudo, ao ser retomada sua definição como o produto entre massa e velocidade, o conteúdo tornou-se mais acessível, configurando o primeiro momento pedagógico, problematização inicial, ao partir de uma noção simples para provocar a reflexão sobre os impactos no trânsito.

Na atividade experimental, a variação da massa do carrinho robô despertou grande expectativa na turma. Ao observar que, mantendo-se a mesma velocidade, o carrinho mais pesado deslocava o obstáculo por uma distância maior, os alunos demonstraram surpresa e passaram a estabelecer relações diretas com situações reais, como a maior gravidade de colisões envolvendo veículos de grande porte. Esse processo caracteriza o segundo momento pedagógico, organização do conhecimento, no qual os conceitos físicos foram construídos a partir da experimentação.

Durante as discussões, surgiram questionamentos como: *“Um carro leve é mais seguro em uma colisão?”* e *“Se dobrar a massa e a velocidade, o impacto dobra ou aumenta ainda mais?”*. Tais indagações favoreceram reflexões sobre a segurança no trânsito, destacando que os efeitos de uma colisão dependem da interação entre os veículos envolvidos, e não apenas de suas características individuais.

A consolidação do conteúdo ocorreu quando os alunos passaram a relacionar o conceito de quantidade de movimento a exemplos do cotidiano, como esportes de impacto, a exemplo do boxe e do futebol. Essa associação contribuiu para a aplicação do conhecimento, evidenciando o terceiro momento pedagógico, ao ampliar a compreensão do conceito para além do contexto escolar e reforçar sua relevância na análise da dinâmica dos acidentes de trânsito.

Aula 4 – O papel do atrito e da energia nos acidentes

Relato:

A aula foi iniciada com a problematização sobre a relação entre velocidade e distância de frenagem. Ao serem questionados sobre o efeito de dobrar a velocidade do veículo, os estudantes apresentaram respostas divergentes, com alguns afirmando que a distância de parada dobraria, enquanto outros sugeriram valores maiores. Esse momento caracteriza o primeiro momento pedagógico, problematização inicial, no qual emergiram concepções intuitivas e hipóteses baseadas no senso comum.

A introdução do conceito de energia cinética e de sua dependência quadrática em relação à velocidade gerou surpresa entre os alunos, evidenciada por comentários como “andar um pouco mais rápido é muito mais perigoso do que parece”. Esse impacto conceitual favoreceu o avanço para o segundo momento pedagógico, organização do conhecimento, no qual foram discutidas as relações entre energia, velocidade, atrito e distância de frenagem.

Na etapa experimental, os estudantes testaram o movimento do carrinho robô em superfícies com diferentes coeficientes de atrito, como lixa, tecido e plástico. A observação do comportamento do carrinho em cada situação provocou reações de descoberta, especialmente

ao constatarem que, em superfícies de baixo atrito, o carrinho apresentava grande dificuldade de parada.

Os alunos passaram a formular previsões antes dos testes e a comparar os resultados obtidos, fortalecendo o processo investigativo.

Durante essa etapa, surgiram questionamentos como: *“É por isso que no gelo o carro não para?”*, *“O atrito é sempre ruim ou pode ser benéfico?”* e *“É por isso que o pneu liso é proibido?”*. Essas perguntas evidenciam a aplicação dos conceitos físicos a situações reais do trânsito, caracterizando o terceiro momento pedagógico, aplicação do conhecimento, no qual os estudantes extrapolaram os resultados da simulação para contextos do cotidiano.

No encerramento da aula, os alunos relataram experiências pessoais relacionadas a situações de pista molhada, curvas e derrapagens, estabelecendo conexões entre os conceitos estudados e vivências familiares. Ao longo da intervenção pedagógica, observou-se que os estudantes passaram a utilizar termos físicos adequados, como “energia”, “atrito”, “aceleração” e “quantidade de movimento”, ainda que, inicialmente, de forma intuitiva. Houve uma evolução no raciocínio, com a substituição de previsões baseadas no “achismo” por explicações fundamentadas em relações matemáticas e leis físicas.

De modo geral, a utilização dos Três Momentos Pedagógicos, aliada ao uso do carrinho robô, possibilitou tornar concretos conceitos tradicionalmente abstratos, favorecendo a aprendizagem significativa. A simulação experimental rompeu a dicotomia entre teoria e prática, estimulou a autonomia investigativa dos alunos e contribuiu para a construção de uma postura mais crítica e preventiva em relação à segurança viária, evidenciando o potencial do ensino de Física contextualizado como instrumento de formação científica e cidadã.

5.3 Impacto da Metodologia

Paulo Freire (1996) destaca que “a educação, que não é a prática da liberdade, que não é a prática da crítica, não é educação, é domesticação” (p. 44). Partir da realidade concreta dos alunos, valorizando seus saberes prévios, cria condições para uma aprendizagem significativa. Nessa etapa, o professor promoveu um diálogo que permitiu aos alunos compartilhar vivências sobre acidentes e trânsito, resgatando suas experiências e interesses. Libâneo (2004) reforça essa ideia ao afirmar que “a escola deve partir do conhecimento que o aluno já possui, para problematizá-lo e ampliá-lo” (p. 72). Assim, a prática social inicial atuou como um momento de motivação e de construção do sentido do conteúdo a partir do cotidiano.

Gasparin (2002) sustenta que a problematização é “o princípio metodológico que

conduz o educando à formulação dos problemas, à busca do conhecimento e à compreensão da realidade” (p. 115). Ao propor questões que desafiam as concepções intuitivas dos alunos, o professor estimulou o pensamento crítico e a reflexão autônoma. Saviani (1999) reforça que “o processo de aprendizagem envolve a relação dialética entre o conhecimento escolar e a realidade social do educando” (p. 80), o que foi evidenciado quando os alunos relacionaram os conceitos de energia e movimento a situações reais de trânsito. A problematização, portanto, rompeu com o ensino tradicional meramente expositivo e favoreceu a apropriação crítica do saber.

Freire (1996) destaca que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção” (p. 37). A etapa experimental com o carrinho robô foi fundamental para concretizar os conceitos físicos, tornando-os palpáveis e compreensíveis. Libâneo (2004) argumenta que “a mediação pedagógica deve articular teoria e prática, de modo que o aluno possa construir conhecimentos significativos” (p. 95). Assim, a instrumentalização permitiu que os alunos fossem protagonistas do processo, promovendo a construção ativa do conhecimento científico, a partir da ação e reflexão sobre os fenômenos observados.

Dessa forma, a partir do conhecimento da teoria para aplicação da metodologia dos três momentos pedagógicos no ensino da Física do trânsito, demonstrou resultados significativos tanto na aprendizagem dos alunos quanto em seu desenvolvimento integral como sujeitos críticos e conscientes. É importante destacar que existem muitos problemas que o professor enfrenta no dia a dia na sala de aula da escola pública, principalmente, os diferentes níveis de aprendizagem. Durante as aulas aplicadas pude perceber que alguns estudantes apresentaram dificuldades na apropriação dos conceitos básicos do ensino de física, conceitos estes que deveriam ser introduzidos ainda no ensino fundamental.

Assim, consideramos que a metodologia dos três momentos pedagógicos de Paulo Freire foi essencial para ajudar esses estudantes, primeiramente, ao partir da realidade concreta dos estudantes, a investigação ou prática social, possibilitou um engajamento genuíno, despertando interesse e motivação para o estudo de conceitos físicos que, tradicionalmente, costumam ser percebidos como abstratos e distantes do cotidiano. A mediação com base em situações reais do trânsito e a utilização do carrinho robô como recurso prático tornaram o processo educativo dinâmico e lúdico, favorecendo a participação ativa dos alunos e estimulando sua curiosidade científica.

Além disso, a problematização desempenhou um papel fundamental na construção significativa do conhecimento. Ao desafiar as concepções intuitivas dos estudantes, essa etapa

promoveu a superação do senso comum, conduzindo-os a uma compreensão mais aprofundada e crítica dos conceitos de energia, movimento e atrito. A instrumentalização, por sua vez, ao possibilitar a experimentação concreta e mensurável dos fenômenos físicos, consolidou o saber teórico e facilitou a apropriação do conhecimento científico como uma ferramenta útil para interpretar e transformar a realidade.

Outro impacto relevante foi o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo dos alunos. A conexão entre os conceitos físicos e as questões sociais relativas à segurança no trânsito incentivou os estudantes a refletirem sobre as consequências de suas ações cotidianas, promovendo uma postura de responsabilidade social. Essa articulação entre ciência e prática social segue os pressupostos de Paulo Freire, para quem a educação deve ser um instrumento de emancipação, capaz de capacitar os indivíduos para a transformação da realidade.

Assim, os estudantes perceberam que o domínio das leis da Física pode influenciar diretamente na redução de acidentes e na preservação da vida.

Ademais, a metodologia contribuiu para a inclusão e valorização da diversidade de saberes presentes na turma, respeitando as diferentes experiências e níveis de conhecimento dos alunos. Essa dimensão democrática da aprendizagem permitiu que estudantes com dificuldades em Física se sentissem mais capazes e motivados, especialmente pela mediação prática e contextualizada que aproximou a ciência de suas vivências.

Por fim, o conjunto dessas dimensões resultou na formação de cidadãos conscientes e socialmente responsáveis. Ao desenvolverem não apenas competências técnicas, mas também valores éticos e uma consciência crítica acerca da segurança viária, os alunos foram preparados para agir com responsabilidade no trânsito, demonstrando o potencial da educação para a transformação social. Portanto, a metodologia dos três momentos pedagógicos, ao integrar

teoria, prática e realidade social, mostrou-se um caminho eficaz e promissor para o ensino da Física no contexto do trânsito, alinhado aos princípios da educação crítica e emancipatória.

6 CONCLUSÕES

A pesquisa realizada com alunos da 3ª série do Ensino Médio da Escola Manuel Matoso Filho, localizada no município de Russas–CE, trouxe contribuições relevantes para o campo do ensino de Física aplicada ao trânsito, evidenciando a eficácia da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos associada ao uso de experimentos com carrinhos robôs programados com Arduino. Entre as principais contribuições, destaca-se a promoção de uma aprendizagem significativa, ao articular teoria, prática e realidade social, favorecendo a compreensão de conceitos físicos fundamentais, tais como quantidade de movimento, energia cinética, atrito e conservação da energia.

Os resultados indicam, ainda, que essa abordagem didática potencializa o engajamento dos estudantes, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico, investigativo e contextualizado. Ao relacionar os conteúdos científicos às implicações sociais e humanas dos acidentes de trânsito, a proposta contribui para o desenvolvimento da consciência crítica e da responsabilidade social, aspectos essenciais à formação cidadã dos educandos.

Apesar dos avanços observados, a pesquisa também evidenciou desafios importantes. Um deles refere-se ao aprofundamento de conceitos mais abstratos da Física, exigindo estratégias pedagógicas diferenciadas para assegurar sua compreensão. Soma-se a isso a necessidade de fortalecer, de forma contínua, a integração entre o conhecimento científico e as práticas sociais, de modo a ampliar o potencial formativo da proposta.

Durante a aplicação das aulas de Física do trânsito, fundamentadas nos Três Momentos Pedagógicos e mediadas pelo uso de carrinhos robôs, uma das principais limitações identificadas foi a disponibilidade de recursos materiais. Em muitas escolas públicas, equipamentos como kits de robótica educacional são escassos ou inexistentes, o que dificulta a implementação da proposta. No contexto desta pesquisa, as atividades somente foram viabilizadas porque o professor realizou a aquisição dos materiais necessários para a montagem dos carros robôs.

Outro desafio observado refere-se à heterogeneidade dos conhecimentos prévios dos estudantes, que apresentaram níveis distintos de familiaridade com os conteúdos de Física e com o uso de tecnologias, demandando do professor constante adaptação das estratégias didáticas para garantir a participação e a aprendizagem de todos. A gestão do tempo também se configurou como um aspecto crítico, uma vez que o equilíbrio entre as etapas de investigação inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento precisa ocorrer dentro de um período limitado de aulas, o que se torna ainda mais complexo em turmas

numerosas ou diante de imprevistos.

Além disso, a mediação de conceitos abstratos, como conservação da energia, trabalho e o papel do atrito, requer uma abordagem cuidadosa para evitar que o ensino se torne excessivamente teórico e distante da realidade dos alunos. Problemas relacionados à infraestrutura escolar, como a ausência de equipamentos audiovisuais adequados ou de espaços apropriados para a realização de experimentos, também podem comprometer o desenvolvimento das atividades propostas. Por fim, a avaliação formativa, concebida como um processo contínuo e articulado aos Três Momentos Pedagógicos, demanda tempo, planejamento e estratégias específicas, o que nem sempre está ao alcance do professor no contexto escolar.

De modo geral, os resultados da pesquisa indicam que o ensino de Física, quando articulado a situações do cotidiano e mediado por tecnologias educacionais como o Arduino, configura-se como um potente instrumento para a promoção de uma aprendizagem significativa e crítica. Ao abordar o tema dos acidentes de trânsito por meio de simulações e atividades de programação com carros robôs, torna-se possível não apenas favorecer a compreensão de conceitos físicos, como velocidade, aceleração, força, impulso e energia, mas também desenvolver habilidades investigativas, técnicas e cidadãs nos estudantes.

Essa abordagem contribui para superar a fragmentação do conhecimento escolar tradicional, promovendo a interdisciplinaridade e estabelecendo conexões entre ciência, tecnologia e realidade social. A robótica educacional aplicada a contextos reais possibilita que os alunos se apropriem ativamente do conhecimento, exercitem a autonomia intelectual e reflitam criticamente sobre temas que impactam diretamente sua vida em sociedade, como a responsabilidade no trânsito e a preservação da vida.

Por fim, o estudo aponta a necessidade de aprofundamento e ampliação das investigações, abrindo espaço para novas pesquisas que analisem a aplicação da metodologia em diferentes contextos escolares, incluindo instituições privadas, bem como em outras etapas da Educação Básica. Sugere-se, ainda, investigar a integração da proposta com outras áreas do conhecimento, como Sociologia e Educação para o Trânsito, além do uso complementar de recursos digitais, como simuladores virtuais e aplicativos educacionais, a fim de potencializar a aprendizagem e atender à diversidade de estilos de aprendizagem.

Dessa forma, os desdobramentos desta pesquisa podem contribuir significativamente para a inovação pedagógica no ensino de Física e para a formação de cidadãos críticos, conscientes e socialmente responsáveis, reforçando o papel da educação científica como instrumento de transformação social.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Maria José P. M. de. Ensino de Física: para repensar algumas concepções. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 20–26, abr. 1992. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7502>. Acesso em: 4 dez. 2025.
- BANDEIRA, S. L. Aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio profissionalizante utilizando Arduino. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.
- BONFIM, D. D. S.; COSTA, P. C. F.; NASCIMENTO, W. J. A abordagem dos Três Momentos Pedagógicos no estudo de velocidade escalar média. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 1, p. 187–197, 2018.
- BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA); Fórum Brasileiro de Segurança Pública (FBSP). *Atlas da Violência 2025*. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2025/05/atlas-violencia-2025.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 4 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, DF: MEC, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Brasília, DF: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. Polícia Rodoviária Federal. Anuário 2024. Brasília: PRF, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/diest-arquivos/anuario-2024_final.html. Acesso em: 22 jan. 2026.
- CASTRO, L. H. M. de; SANTOS, R. dos. O uso do Arduino e a criação de objetos educacionais em tempos e espaços desarticulados. *Revista de Ciência da Computação*, v. 2, n. 1, p. 5–12, 2020. DOI: 10.22481/recic.v2i1.6550.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 4, p. 4503, 2011.
- CAVASSANI, T. B.; ANDRADE, J. J. de; MARQUES, R. N. Tradução e adaptação transcultural do questionário TPACK-DEEP. *Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade*,

- v. 17, n. 3, p. 1102–1113, 2024. DOI: 10.14571/brajets.v17.n3.1102-1113. DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. Física. São Paulo: Cortez, 1991.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2007.
- DUTRA, M. V. G.; CASTILHO, W. S. Arduino para o ensino de Física. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2020.
- FERRARI, M. Paulo Freire: o mentor da educação para a consciência. Nova Escola, São Paulo, 2008.
- FERREIRA, A. D.; GONÇALVES, F. L. Ensino de Física e Educação para o Trânsito: uma proposta interdisciplinar para o ensino médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 4, p. 4311, 2014.
- FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FREIRE, P. Pedagogia da esperança: um reencontro com a Pedagogia do Oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.
- FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GASPARIN, J. L. Uma didática para a pedagogia histórico-crítica. 5. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2009.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 1.
- HEWITT, P. G. Física conceitual. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- KAMADA, W. Ciclos de modelagens: uma proposta com o uso do Arduino no ensino de Física. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2018.
- LIBÂNEO, J. C. Didática. São Paulo: Cortez, 1994.
- MATOS, R. I.; LENIR, B. Z. Física: diversificação de estratégias de ensino de ciências na reconstrução dialógica da ação/reflexão docente. Revista Ensaio, v. 15, n. 3, p. 163–179, set./dez. 2013.
- MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea. Revista do Professor de Física, Brasília, DF, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074>. Acesso em: 4 dez. 2025.
- MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. 2. ed. São Paulo: EPU, 2019.
- MOREIRA, M. P. C. et al. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 35, n. 3, p. 721–745, 2018.

- MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617–638, 2014.
- NETO, O. N.; KLEINÜBING, R. *Dinâmica dos acidentes de trânsito*. Campinas, SP: Millenium, 2012.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica*. v. 1. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2013.
- OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA. Observatório analisa o relatório da OMS sobre a segurança viária global 2023. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.onsv.org.br/comunicacao/observatorio-analisa-o-relatorio-da-oms-sobre-a-seguranca-viaria-global-2023>. Acesso em: 5 dez. 2025.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://habitability.com.br/ods-11-conheca-o-objetivo-da-onu-para-as-cidades/>. Acesso em: 5 dez. 2025.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Global status report on road safety 2023. Geneva: World Health Organization, 2023. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086517>. Acesso em: 20 dez. 2025.
- ROZESTRATEN, R. J. A. *Psicologia do trânsito: conceitos e processos básicos*. São Paulo: EPU, 1988.
- SAVIANI, Dermeval. *Escola e democracia*. Campinas, SP: Autores Associados, 2008.
- SAVIANI, Dermeval. *Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações*. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 2013.
- SILVA, A. P. Experimentos com o Arduino® nas aulas de Física. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.
- SILVA, W. R. da. Os acidentes de trânsito e os impactos na saúde pública. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação Lato Sensu em Segurança Viária Urbana) – Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2017.
- SLONGO, I. I. P.; DELIZOICOV, D. Teses e dissertações em ensino de Biologia: uma análise histórico-epistemológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 275–296, 2010.
- TERRAZZAN, E. A. *Perspectivas para a inserção da Física Moderna na escola média*. 1994. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- UREL, D. É. Paulo Freire e os três momentos pedagógicos. *Scientia Naturalis*, Rio Branco, v. 4, n. 1, p. 49–59, 2022.
- VIZZOTTO, P. A.; MACKEDANZ, L. F. A compreensão da Física aplicada ao trânsito na

perspectiva de egressos do ensino médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 4, p. 4311, 2014.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

YOUNG, H. D. et al. Física I: mecânica. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO DA MONTAGEM DOS CARRINHOS ROBÔS



Figura 1 - Sensores instalados no carrinho

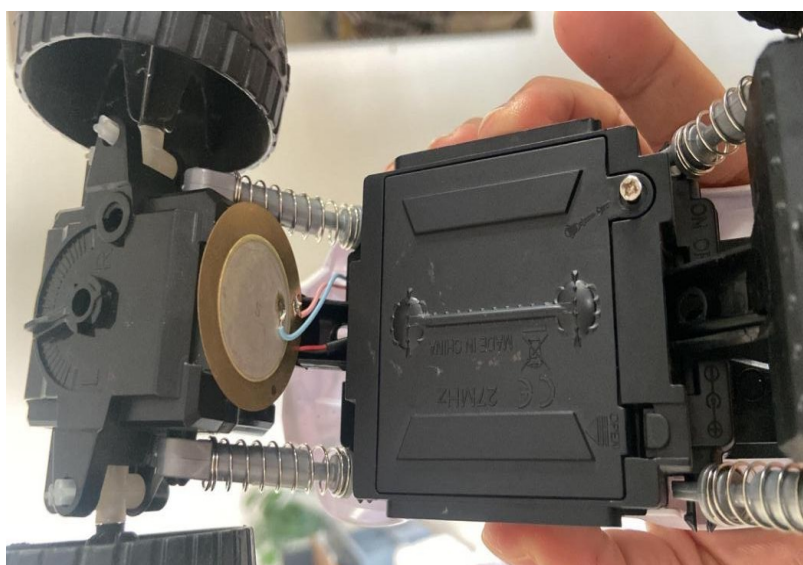


Figura 2 - Sensores instalados no carrinho

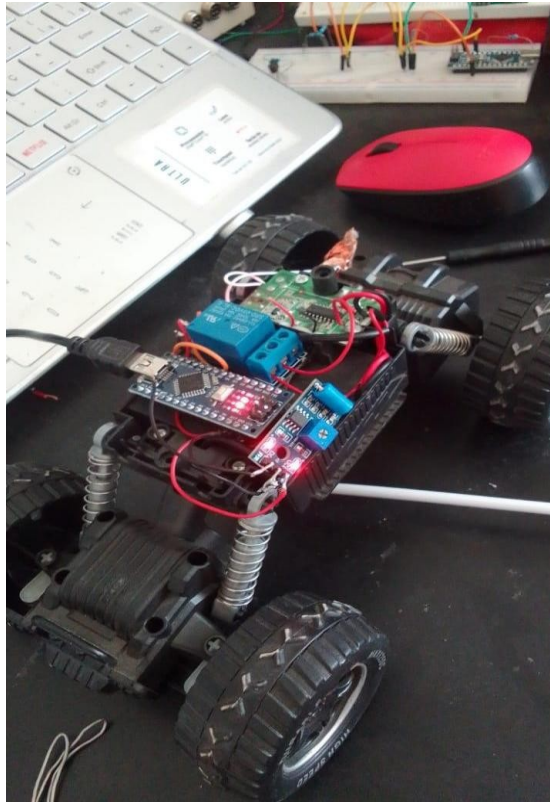


Figura 03 - Placas

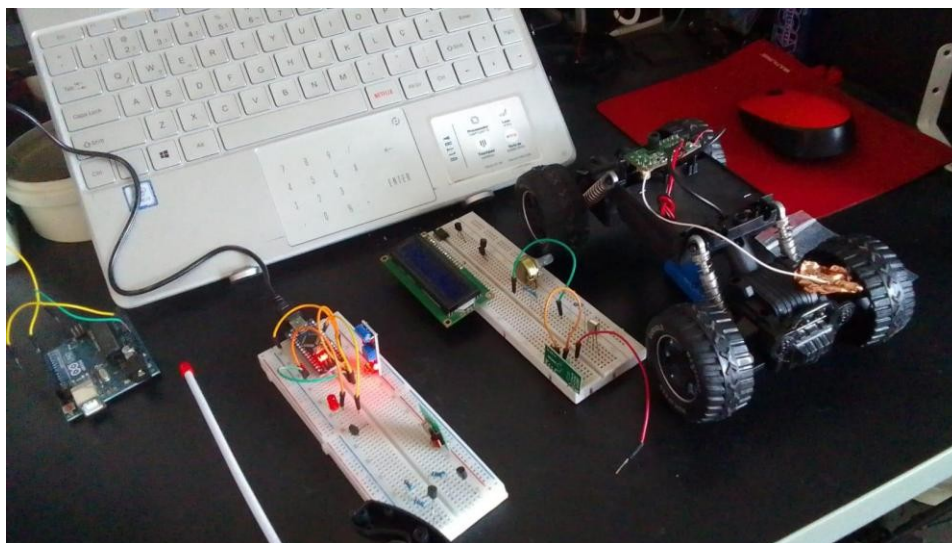


Figura 04 – Programas

APÊNDICE B – REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS AULAS

AULA 01



Figura 1 – Sala de aula



Figura 2 – Simulação na quadra



Figura 3 – Simulação na quadra



Figura 4 – Simulação na quadra

AULA 02



Figura 5 – Sala de aula

AULA 03



Figura 6 – Sala de aula



Figura 7 – Sala de aula

AULA 04



Figura 8 – Sala de aula



Figura 9 – Realização de medidas



Figura 10 – Realização de medidas



Figura 11 – Realização de medidas

APÊNDICE C – AMOSTRA DAS RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS**QUESTIONÁRIOS PARA CADA AULA****AULA 1****Questionário/perguntas geradoras (10 minutos):**

1. Qual condutor foi o causador do acidente? Como identificá-lo?

Quem violou o código de trânsito brasileiro. Pelo radar, câmeras.

2. Como a física pode nos ajudar a entender o que acontece durante um acidente?

Pela velocidade, impacto e a força da aceleração.

3. Como podemos prevenir esses acidentes?

mais sinalizações, Faltas menores, Educação de trânsito.

4. Quais motivos são as causas mais comuns dos acidentes de trânsito?

Alta velocidade, Falta de atenção, Embriaguez.

AULA 2

Questionário/perguntas geradoras (10 minutos):

1. Você já parou para pensar por que, em muitos acidentes, o veículo não conseguiu parar a tempo?

O carro precisa de uma certa distância para conseguir parar a tempo e muitas vezes em velocidade que um ole se estiver distraindo não consegue parar a tempo.

2. O que será que determina a distância necessária para um carro parar após frear?

Principalmente a velocidade do carro. Quanto mais rápido o carro estiver, maior a distância para parar, além disso, existem também o estado dos pneus.

3. Quais fatores influenciam a distância de frenagem de um veículo?

velocidade do veículo, condições da pista se está seca ou molhada, estado dos pneus do veículo e também a reação do motorista (atraso e tempo de resposta).

4. Como o movimento do carro antes de um acidente pode ser descrito de forma física?

O carro está em movimento e tem peso e velocidade. Por isso, ele continua andando até que algo faça ele parar. Quanto mais rápido e pesado, mais difícil é parar de repente.

AULA 2**Questionário/perguntas geradoras (10 minutos):**

1. Você já parou para pensar por que, em muitos acidentes, o veículo não conseguiu parar a tempo?

Alta velocidade a pista e os fatores que impossibilitam a frenagem

2. O que será que determina a distância necessária para um carro parar após frear?

Força de atrito

3. Quais fatores influenciam a distância de frenagem de um veículo?

Pista molhada, pneus desgastados

4. Como o movimento do carro antes de um acidente pode ser descrito de forma física?

Calcula a velocidade adquirida a partir do ponto de partida, força de atrito e dependendo do impacto a distância e direção para onde houve um desvio

AULA 3

Questionário/perguntas geradoras (10 minutos)

1. Como a velocidade e a massa de um veículo afetam a quantidade de movimento e, consequentemente, o impacto em um acidente?

A quantidade de movimento de um veículo depende da sua massa e da sua velocidade. Assim, quanto maior a massa ou maior a velocidade, maior será o impacto em um acidente.

2. O que podemos aprender sobre a segurança no trânsito a partir desse conceito?

Que respeitar os limites de velocidade reduz bastante a gravidade do acidente.
Manter distância do carro da frente dá mais tempo de reação.
Cuidar dos estados físicos e físicos ajuda a prevenir melhor o acidente e a segurança.

3. Como o conceito de quantidade de movimento pode ser aplicado no desenvolvimento de sistemas de segurança, como airbags e cintos de segurança?

Airbags: Funciona como uma almofada, reduzindo a brusquidão do impacto.
Cintos de segurança: Segura o corpo e aumenta o tempo de parada. Em sumos, esses sistemas diminuem a força do choque ao prolongar o tempo até a deceleração, protegendo os ocupantes.

AULA 3**Questionário/perguntas geradoras (10 minutos)**

1. Como a velocidade e a massa de um veículo afetam a quantidade de movimento e, conseqüentemente, o impacto em um acidente?

Pois quem tem muita velocidade tem muita quantidade de movimento, gerando assim um grande impacto.

2. O que podemos aprender sobre a segurança no trânsito a partir desse conceito?

Aprendemos que os limites de velocidade são necessários.

3. Como o conceito de quantidade de movimento pode ser aplicado no desenvolvimento de sistemas de segurança, como airbags e cintos de segurança?

Para evitar acidentes cintos e airbags são necessários pois com a quantidade de movimento podemos desenvolver esses sistemas. Quanto maior a velocidade, maior o movimento.

AULA 4

Questionário/perguntas geradoras (10 minutos)

1. Se um dos carro freasse bruscamente para evitar a colisão. O que faria com que ele pare?

Seria a força dos pneus juntos com o atrito dos pneus no chão. É esse atrito que impede o carro até ele parar.

2. Que tipo de energia estaria envolvida?

Energia cinética, que é a energia do carro em movimento, e ela se transforma em calor no atrito dos pneus com o asfalto e dos pneus com o chão.

3. Para onde vai essa energia?

Vai para o calor. Os pneus e os pneus esquentam e parte dela também se perde no contato com o ar enquanto o carro desacelera.

APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 09

PRODUTO EDUCACIONAL

**FÍSICA DO TRÂNSITO: UMA SEQUÊNCIA DIALÓGICA E
TECNOLÓGICA UTILIZANDO ARDUINO**

**AUTORES: Raimundo Alves Bezerra, Rafael Castelo Guedes Martins, Erlania Lima de
Oliveira.**

MOSSORÓ - RN

2026



APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: A PROBLEMÁTICA DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO COMO CONTEXTO PARA O ENSINO DE FÍSICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS COM USO DO ARDUINO, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 09 – UFERSA / Mossoró-RN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este produto educacional é um recurso didático para o ensino de Física que visa apoiar o planejamento docente e conectar o conhecimento científico à realidade dos estudantes. Utilizando os acidentes de trânsito como eixo temático, a proposta torna a aprendizagem significativa e estimula a consciência crítica sobre segurança viária e tomada de decisões responsáveis. Pautada por uma abordagem dialógica e problematizadora, a metodologia posiciona o estudante como protagonista na construção do conhecimento por meio de investigações e atividades experimentais. O núcleo prático consiste na sequência didática "Cenário do acidente de trânsito: simulações de colisões com carros robôs controlados por Arduino", derivada da dissertação de mestrado "A problemática dos acidentes de trânsito como contexto para o ensino de Física: uma sequência didática baseada nos três momentos pedagógicos com uso do Arduino". A sequência articula teoria e prática ao propor a análise de fenômenos observáveis e conceitos fundamentais da Física, como velocidade, aceleração, força, atrito, energia e dinâmica de colisões. Em síntese, este produto integra a ciência a uma temática socialmente relevante, promovendo uma formação científica indissociável do exercício da cidadania.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
1.1 Justificativa.....	5
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Fundamentação teórica: Paulo Freire e os Três Momentos Pedagógicos	6
1.4 Metodologia: construção do carro robô com Arduino.....	9
1.5 Montagem do sistema.....	11
1.5.1 Programação e controle	11
1.6 Público-alvo e aplicabilidade.....	14
2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CENÁRIO DO ACIDENTE DE TRÂNSITO	15
2.1 Aula 1 – A relação entre Física e acidentes de trânsito: simulação do impacto com carro robô.....	15
2.2 Aula 2 – Análise do MRU e MRUV em acidentes de trânsito.....	22
2.3 Aula 3 – Quantidade de movimento: velocidade, massa e impacto	29
2.4 Aula 4 – O papel do atrito e da energia nos acidentes.....	35
3 CÓDIGO FONTE DO CARRO ROBÔ	48
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

A escola constitui um espaço fundamental na formação das novas gerações, pois é nela que se constroem saberes, valores e atitudes indispensáveis à constituição de uma sociedade mais crítica e consciente. Nesse sentido, trabalhar temas que impactam diretamente a vida dos estudantes configura-se como uma necessidade pedagógica e social. Entre os autores que sustentam essa perspectiva, destaca-se Paulo Freire (1996), que, em *Pedagogia da Autonomia*, defende que o processo educativo deve partir da realidade concreta dos educandos, considerando seus contextos sociais, culturais e econômicos.

No Ensino de Física, essa abordagem revela-se particularmente relevante, pois a disciplina desempenha um papel essencial na formação cidadã contemporânea. Ao desenvolver no estudante a capacidade de analisar situações reais, interpretar fenômenos naturais e tomar decisões fundamentadas em uma compreensão científica do mundo, a Física amplia sua função para além da dimensão conteudista. Dessa forma, não deve restringir-se à transmissão de conceitos abstratos, mas conectar o conhecimento científico às experiências e aos desafios vivenciados pelos estudantes.

Em obras como *Pedagogia do Oprimido* e *Educação como Prática da Liberdade*, Freire propõe que o ensino se organize a partir de temas geradores – isto é, problemáticas extraídas do cotidiano dos alunos, dotadas de sentido e relevância social. Nessa perspectiva, afirma:

A educação autêntica não se faz de "A" para "B" ou de "A" sobre "B", mas de "A" com "B", mediatizados pelo mundo. Nessa perspectiva, o processo educativo se constitui como uma prática dialógica, na qual educador e educando se reconhecem como sujeitos históricos que, em interação com a realidade, constroem o conhecimento de forma crítica e transformadora, superando a lógica bancária de ensino (FREIRE, 1987, p. 68).

Tal mediação implica compreender que a aprendizagem se efetiva quando os estudantes refletem criticamente sobre a realidade que os cerca, problematizando-a e buscando transformá-la. Assim, ao trabalhar com situações do cotidiano, a escola deixa de ser um espaço de mera reprodução de conteúdos abstratos e passa a ser um ambiente de formação crítica e cidadã.

Corroborando essa perspectiva, Ferreira (2014) destaca que a articulação entre a Física e situações cotidianas, como o trânsito, torna a aprendizagem mais significativa e contribui para a formação de sujeitos mais conscientes e prudentes. De modo semelhante, Vizzotto (2014) argumenta que a contextualização dos conceitos físicos no dia a dia amplia as possibilidades de compreensão por parte dos estudantes.

Além disso, Vizzotto enfatiza o papel social da escola na formação e conscientização dos jovens, ao afirmar que a instituição escolar é elemento central no desenvolvimento do indivíduo em sociedade. A educação, nesse contexto, não deve limitar-se à transmissão de conhecimentos técnicos, mas também contemplar a formação para a convivência social, incluindo a compreensão das responsabilidades no trânsito, o respeito às normas e a consciência dos direitos e deveres de todos os usuários das vias públicas.

Nessa direção, a utilização do cenário de acidentes de trânsito como recurso didático para o ensino de Física apresenta-se como uma estratégia potente. Tal abordagem possibilita não apenas a compreensão dos princípios físicos envolvidos – como velocidade, aceleração, força, quantidade de movimento e energia –, mas também a integração de dimensões éticas e sociais fundamentais à formação cidadã. Ao explorar esse contexto, os estudantes são convidados a refletir sobre responsabilidades individuais e coletivas, normas de convivência e práticas de prevenção, desenvolvendo maior consciência crítica acerca do trânsito. Desse modo, promove-se, simultaneamente, a aprendizagem conceitual e a formação de atitudes pautadas no respeito, na prudência e na responsabilidade social.

1.1 Justificativa

O trânsito, devido ao seu impacto social e por figurar entre as principais causas de acidentes envolvendo jovens, constitui-se como um tema gerador altamente relevante para o ensino de Física. No entanto, demonstrar, em sala de aula, como os fenômenos físicos atuam em situações de colisão representa um desafio significativo, uma vez que eventos reais envolvem riscos e não podem ser reproduzidos diretamente. Para suprir essa lacuna, torna-se, portanto, necessário recorrer a estratégias didáticas que possibilitem a simulação segura e acessível dos movimentos e impactos característicos do ambiente viário.

Nesse contexto, o Arduino (Moreira et al., 2018) apresenta-se como uma alternativa viável, por ser uma plataforma de baixo custo, de fácil utilização e amplamente difundida no campo educacional. Por meio dela, é possível controlar carros robôs capazes de simular deslocamentos e colisões em escala reduzida. Tal recurso permite a realização de um crash test didático – compreendido aqui como uma simulação de colisão adaptada a fins pedagógicos –, na qual elementos essenciais dos acidentes reais, como velocidade, impacto, energia e forças envolvidas, são reproduzidos de maneira controlada e segura, favorecendo sua observação e análise no contexto escolar.

A partir desse cenário experimental, os estudantes podem investigar grandezas físicas como velocidade, força e quantidade de movimento, estabelecendo relações entre os modelos

teóricos e a observação empírica dos fenômenos. Simultaneamente, a proposta abre espaço para a problematização de questões relacionadas à segurança e à responsabilidade no trânsito, articulando o aprendizado científico à formação cidadã.

Dessa forma, este trabalho justifica-se pela necessidade de integrar experimentação acessível, estudo dos fenômenos físicos e reflexão crítica sobre o trânsito. Ao oferecer aos educadores um material didático contextualizado, busca-se promover uma aprendizagem mais significativa, na qual o conhecimento científico se articule de maneira efetiva com a realidade vivida pelos estudantes.

1.2 Objetivos

Objetivo Geral

Investigar os conceitos da Física envolvidos no trânsito por meio da construção e experimentação com carros robôs controlados por Arduino, promovendo a integração entre teoria e prática e a contextualização dos conteúdos em situações reais, como os acidentes de trânsito.

Objetivos Específicos

Constituem objetivos específicos deste produto educacional:

- a) construir protótipos de veículos, utilizando Arduino, capazes de simular deslocamentos e colisões controladas em ambiente experimental;
- b) aplicar conceitos de cinemática e dinâmica – como velocidade, aceleração, força, energia e quantidade de movimento – em situações simuladas de trânsito;
- c) analisar colisões entre veículos robóticos sob diferentes condições (massa, velocidade e ângulo), relacionando os resultados obtidos a ocorrências reais de acidentes de trânsito;
- d) estimular o pensamento crítico e a aprendizagem ativa, aproximando o ensino de Física às vivências dos estudantes;
- e) refletir sobre a importância da Física na compreensão e na prevenção de acidentes de trânsito, contribuindo para a formação de uma consciência cidadã e para a educação no trânsito.

1.3 Fundamentação teórica: Paulo Freire e os Três Momentos Pedagógicos

Apesar das sucessivas reformulações do sistema educacional brasileiro, promover um ensino capaz de despertar o interesse e o engajamento dos estudantes continua sendo um dos

principais desafios da escola contemporânea. Nesse cenário, torna-se fundamental compreender de que modo as concepções pedagógicas fundamentam as práticas docentes e contribuem para a construção de propostas de aprendizagem mais contextualizadas, significativas e duradouras.

Segundo Urel (2022), as teorias de aprendizagem desempenham papel central nesse processo, pois oferecem bases conceituais que auxiliam na interpretação do desenvolvimento educativo e orientam o planejamento pedagógico. Uma teoria de aprendizagem, conforme o autor, busca sistematizar aspectos do processo educativo, articulando experiências, reflexões e princípios em um método coerente. Marco Antônio Moreira (2019, apud Urel, 2022) acrescenta que, embora muitas dessas teorias tenham origem no campo da Psicologia, são reconhecidas como teorias educacionais em função de suas implicações diretas para o ensino.

Entre as contribuições que influenciam significativamente a educação brasileira, destaca-se a pedagogia de Paulo Freire, cuja perspectiva enfatiza a articulação entre conhecimento, contexto social e transformação da realidade. Em *Pedagogia do Oprimido* (1987), o autor apresenta o processo de Investigação Temática e a noção de temas geradores como caminhos para aproximar a aprendizagem da vivência concreta dos educandos, promovendo o diálogo crítico e a leitura problematizadora da realidade.

A partir dessa base teórica, Demétrio Delizoicov desenvolveu, no contexto brasileiro, a abordagem dos Três Momentos Pedagógicos, promovendo a transposição da concepção freireana para o espaço da educação formal. Essa proposta organiza a prática pedagógica em etapas articuladas, estruturando o processo de ensino de forma coerente com os princípios dialógicos e problematizadores. Os Três Momentos Pedagógicos podem ser assim caracterizados:

- a) Problematização/Investigação Inicial – consiste na apresentação de questões ou situações reais que fazem parte do cotidiano dos estudantes e se relacionam diretamente com o tema em estudo. Nesse momento, os alunos são incentivados a expressar suas ideias, percepções e explicações preliminares, permitindo ao professor identificar conhecimentos prévios e concepções espontâneas. Conforme Urel (2022), essa etapa é fundamental na perspectiva freiriana, pois, ao confrontar diferentes interpretações, desperta a curiosidade, provoca estranhamento e favorece o desenvolvimento da consciência crítica, motivando a busca por novos conhecimentos;
- b) Organização do Conhecimento – nessa etapa, o docente sistematiza e aprofunda os conceitos científicos necessários à compreensão das problemáticas levantadas. A partir das questões emergentes, são introduzidos conceitos de mecânica, como velocidade,

aceleração, força, momento linear e energia. Esse processo deve ocorrer de forma dialógica, articulando os conteúdos às experiências dos estudantes e incentivando a aplicação dos conceitos ao contexto dos acidentes de trânsito, de modo a assegurar a construção de significados;

- c) Aplicação do Conhecimento – os estudantes são convidados a mobilizar os conceitos aprendidos para analisar e interpretar não apenas as situações que originaram o estudo, mas também outras situações análogas que podem ser compreendidas à luz dos mesmos princípios físicos. Essa etapa amplia a capacidade de transferência do conhecimento, permitindo que os alunos reconheçam como os conceitos se inter-relacionam e podem ser aplicados em diferentes contextos. Assim, consolida-se uma aprendizagem ativa e reflexiva, na qual a teoria científica é articulada às situações do cotidiano.

Dessa forma, os Três Momentos Pedagógicos possibilitam que o ensino parta da realidade concreta dos estudantes e a ela retorne de maneira transformadora. Tais características tornam essa abordagem especialmente adequada ao presente trabalho, que utiliza o trânsito – tema socialmente relevante e diretamente vinculado ao cotidiano juvenil – como ponto de partida para o estudo de tópicos da mecânica.

A sequência didática proposta inicia-se com a apresentação de situações reais de acidentes de trânsito, mobilizando concepções prévias dos estudantes e provocando questionamentos acerca dos fenômenos físicos envolvidos. Em seguida, na etapa de Organização do Conhecimento, os conceitos de mecânica – como velocidade, aceleração, força, energia e quantidade de movimento – são sistematizados a partir das problematizações levantadas inicialmente, culminando na construção de modelos experimentais com carros robôs controlados por Arduino.

Por fim, na etapa de Aplicação do Conhecimento, os estudantes tornam-se capazes de retomar o problema inicial e analisá-lo criticamente, interpretando dados, explicando fenômenos e relacionando a compreensão científica à responsabilidade cidadã.

Diante do exposto, considera-se que a abordagem dos Três Momentos Pedagógicos constitui um referencial metodológico consistente para sustentar a coerência didática da proposta desenvolvida. Tal perspectiva permite estruturar o processo de ensino de forma articulada entre problematização, construção e aplicação do conhecimento, contribuindo para um ensino de Física que ultrapassa a mera transmissão de conteúdos. Além disso, fortalece o caráter contextualizado, dialógico e formativo da prática educativa, favorecendo uma

aprendizagem significativa ao integrar conhecimentos científicos, tecnológicos e dimensões sociais relacionadas ao fenômeno estudado.

1.4 Metodologia: construção do carro robô com Arduino

Diante da necessidade de simular colisões de forma segura, controlada e pedagogicamente produtiva, a construção de carros robôs baseados em Arduino torna-se um passo fundamental na proposta. Seu uso mostra-se especialmente adequado por se tratar de uma plataforma de prototipagem eletrônica acessível e por permitir o controle de dispositivos eletrônicos de forma simples e intuitiva.

O Arduino é composto por uma placa microcontroladora programável, capaz de executar diferentes funções, entre as quais se destacam:

- a) controle de atuadores, como motores, LEDs, sensores, displays e outros componentes eletrônicos;
- b) recepção de dados provenientes de sensores (temperatura, movimento, luminosidade, entre outros), possibilitando respostas automatizadas;
- c) envio de comandos a dispositivos diversos, como relés, atuadores e sistemas de comunicação (Bluetooth, Wi-Fi, etc.).

A programação é realizada em linguagem baseada em C/C++, por meio do ambiente de desenvolvimento conhecido como Arduino IDE, no qual o código é elaborado e posteriormente transferido para a placa. Em síntese, o Arduino possibilita a criação de sistemas eletrônicos programáveis, capazes de interagir com o ambiente e responder a diferentes estímulos de forma automatizada.

No contexto dessa proposta, o Arduino será empregado no controle de dois carrinhos robóticos, com o objetivo de simular um acidente de trânsito em escala reduzida. Os veículos serão equipados com sensores piezoelétricos, responsáveis por detectar a variação de tensão gerada no momento do impacto. A partir dessa detecção, o sistema interrompe automaticamente o movimento dos carrinhos após a colisão, evidenciando, na prática, a integração entre hardware (componentes físicos) e software (programação) na automação de processos e na implementação de mecanismos de segurança.

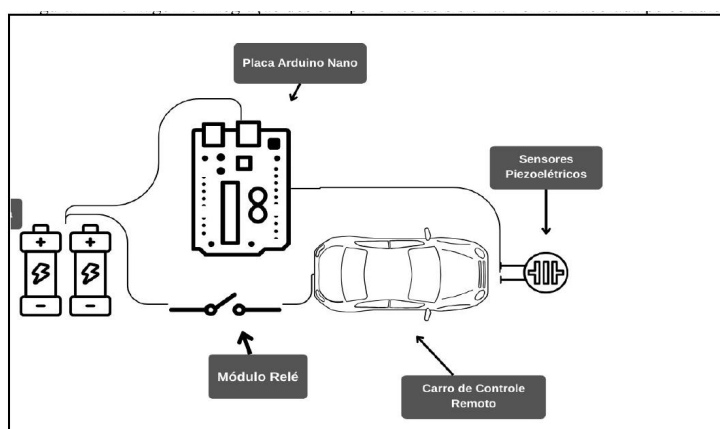
Com o intuito de apoiar o trabalho docente, o processo de construção dos carrinhos será apresentado de forma detalhada ao longo desta seção, por meio de instruções passo a passo. Essa organização visa possibilitar a reprodução do protótipo mesmo por professores que

possuam pouca familiaridade com eletrônica e programação, ampliando o potencial de aplicação da proposta em diferentes contextos educacionais.

Esquema sequencial do protótipo

A Figura 1 apresenta o esquema sequencial do protótipo, ilustrando a montagem e a integração dos componentes que compõem o sistema. Esse diagrama contribui para a visualização da estrutura geral do projeto, bem como para a compreensão de como os elementos eletrônicos e mecânicos se articulam na viabilização da simulação de colisões.

Figura 1 – Montagem e integração dos componentes do sistema



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Os materiais e componentes utilizados na construção do carro robô controlado por Arduino são os seguintes:

- a) Arduino Nano: microcontrolador responsável pelo processamento dos sinais provenientes dos sensores e pelo acionamento dos módulos de relé;
- b) motores e chassis: já integrados aos carrinhos de controle remoto, sendo responsáveis pela locomoção do sistema;
- c) módulo relé 5V: utilizado para interromper a alimentação dos motores após a detecção da colisão;
- d) sensores piezoelétricos: responsáveis pela detecção da colisão por meio da variação de pressão gerada no impacto;
- e) baterias de 3,5V: fornecem energia ao sistema, incluindo o Arduino e os módulos de relé;
- f) placas de controle: já presentes nos carrinhos, controlam os motores de acordo com o comando recebido do Arduino;

- g) controle mestre: dispositivo responsável por acionar simultaneamente os dois carrinhos;
- h) resistores e fios: os resistores contribuem para a melhoria da precisão dos sensores piezoelétricos, enquanto os fios realizam a interligação entre os componentes do sistema.

1.5 Montagem do sistema

A montagem de um carro de controle remoto demanda um período específico para sua conclusão. Essa etapa pode ser realizada previamente com os alunos ou conduzida exclusivamente pelo professor durante o planejamento da aula, a depender dos objetivos pedagógicos estabelecidos. A seguir, apresentam-se os principais passos para a montagem do sistema:

- a) fixação dos sensores piezoelétricos: os sensores devem ser posicionados na parte frontal dos carrinhos, local onde ocorrerá a colisão. É imprescindível garantir que estejam firmemente fixados, a fim de assegurar a correta captação do impacto;
- b) conexão dos sensores ao Arduino: os sensores piezoelétricos devem ser conectados ao Arduino Nano por meio de seus pinos de entrada. O sistema deve ser configurado para interpretar as variações de tensão geradas pelos impactos;
- c) conexão dos módulos de relé: os módulos de relé devem ser integrados ao Arduino, possibilitando o envio automático de um sinal de desligamento quando uma colisão for detectada;
- d) alimentação do sistema: as baterias de 3,5V devem ser conectadas ao Arduino e aos módulos de relé, garantindo o fornecimento de energia necessário ao funcionamento do sistema;
- e) verificação da conexão com os motores: é necessário assegurar que as placas de controle dos carrinhos estejam corretamente conectadas aos motores, permitindo que o Arduino controle a movimentação por meio dos relés.

1.5.1 Programação e controle

Após a montagem, o código implementado no Arduino Nano será responsável por monitorar continuamente os sinais provenientes dos sensores piezoelétricos, os quais geram variações de tensão quando ocorre um impacto. O sistema deve ser programado para interpretar essas variações como indicativos de colisão e executar as seguintes ações:

- a) detecção de colisão: ao identificar um impacto, o sistema envia um comando para acionar os módulos de relé, interrompendo a alimentação dos motores e parando os carrinhos no ponto de colisão;
- b) controle de movimentação: o código deve contemplar a lógica de recepção do comando do controle mestre, responsável por iniciar a movimentação simultânea dos carrinhos. Esse comando pode ser recebido por meio de uma entrada digital ou via comunicação serial simples;
- c) análise das variações de tensão: para garantir maior precisão, deve ser implementado um algoritmo capaz de analisar as variações de tensão dos sensores, estabelecendo um limiar que diferencia colisões reais de pequenas vibrações ou ruídos;
- d) filtro de software: a fim de evitar falsos positivos, o sistema pode incorporar um filtro de software, como um filtro passa-baixa simples ou uma média móvel, para suavizar as leituras dos sensores e reduzir interferências indesejadas.

Funcionamento do sistema

O funcionamento do sistema pode ser descrito nas seguintes etapas:

- a) inicialização dos carrinhos: o controle mestre aciona simultaneamente os dois carrinhos, iniciando o movimento até o momento da colisão;
- b) detecção de colisão: no instante do impacto, os sensores piezoelétricos identificam a variação de pressão gerada pelo impacto e enviam um sinal ao Arduino Nano;
- c) processamento do impacto: o Arduino Nano analisa os sinais recebidos dos sensores e verifica se a variação de tensão ultrapassa o limiar pré-estabelecido, indicando a ocorrência de uma colisão;
- d) controle e interrupção: confirmada a colisão, o Arduino Nano envia um comando para desativar os módulos relés, interrompendo a alimentação dos motores e parando os carrinhos imediatamente no ponto de impacto;
- e) ajustes e calibração: embora o sistema não realize armazenamento de dados, é possível ajustar parâmetros para calibrar a sensibilidade dos sensores e o limiar de detecção, visando otimizar o desempenho e a precisão na identificação do impacto.

Componentes necessários para o controle básico

- a) Arduino Uno (ou Nano): responsável pelo processamento dos comandos e controle dos atuadores;
- b) driver de motor L298N (ou L9110): módulo utilizado para o acionamento e controle dos motores DC;
- c) dois motores DC com rodas: responsáveis pela locomoção do veículo;
- d) fonte de alimentação: pode ser composta por pilhas AA, bateria de íons de lítio (Li-ion) ou power bank;
- e) fios jumper: utilizados para realizar as conexões elétricas entre os componentes;
- f) protoboard (opcional): facilita a organização e a montagem do circuito.

Ligações básicas com L298N

Considerando um sistema com dois motores (motor A e motor B), as conexões devem ser realizadas da seguinte forma:

- a) IN1 e IN2 do L298N: ligados aos pinos digitais do Arduino (ex.: 3 e 4);
- b) IN3 e IN4: ligados aos pinos digitais do Arduino (ex.: 5 e 6);
- c) ENA e ENB: podem ser ligados aos pinos PWM do Arduino (ex.: 9 e 10) para controle de velocidade;
- d) VCC do L298N: ligado à fonte de energia (até 12V);
- e) GND: ligado ao GND da fonte e ao GND do Arduino;
- f) 5V do L298N: opcional, caso se deseje alimentar o Arduino a partir do módulo.

Código básico: movimentar para frente, parar e virar

A seguir, apresenta-se um exemplo de código para controle básico do carro robô, contemplando os movimentos de avanço, parada e mudança de direção:

```
// Definindo os pinos
int in1 = 3;
int in2 = 4;
int in3 = 5;
int in4 = 6;

void setup() {
  // Configurando os pinos como saída
  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
}
```

```

    pinMode(in4, OUTPUT);
}

// Funções para controle
void frente() {
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, LOW);
    digitalWrite(in3, HIGH);
    digitalWrite(in4, LOW);
}

void parar() {
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, LOW);
    digitalWrite(in3, LOW);
    digitalWrite(in4, LOW);
}

void virarEsquerda() {
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, HIGH);
    digitalWrite(in3, HIGH);
    digitalWrite(in4, LOW);
}

void virarDireita() {
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, LOW);
    digitalWrite(in3, LOW);
    digitalWrite(in4, HIGH);
}

void loop() {
    frente();
    delay(2000); // Anda por 2 segundos
    virarDireita();
    delay(1000); // Vira à direita por 1 segundo
    parar();
    delay(2000); // Para por 2 segundos
}

```

1.6 Público-alvo e aplicabilidade

O público-alvo da proposta é composto por estudantes da 3ª série C do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Médio Manuel Matoso Filho, localizada no município de Russas - CE.

A aplicabilidade da atividade está centrada no contexto educacional dessa turma, podendo ser desenvolvida no âmbito das disciplinas que envolvem conhecimentos de Física, Tecnologia e Robótica Educacional, com potencial de adaptação para outras realidades escolares.

2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA: CENÁRIO DO ACIDENTE DE TRÂNSITO

2.1 Aula 1 – A relação entre Física e acidentes de trânsito: simulação do impacto com carro robô

Conteúdo: Relação entre força de impacto e tempo de contato; velocidade média e aceleração; responsabilidade no trânsito.

Objetivo: Introduzir o tema, sensibilizar os alunos e contextualizar os conceitos físicos a serem abordados, criando um ambiente de curiosidade e conscientização sobre o impacto dos acidentes de trânsito na sociedade.

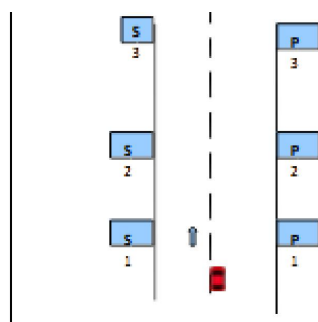
Preparação do ambiente de simulação

Antes de iniciar a aula, o professor deve preparar o cenário experimental:

- demarcar no chão um cruzamento com duas vias perpendiculares usando fita crepe (aprox. 2 m cada);
- carregar o código nos dois carros robôs para que se movimentem em linha reta e parem automaticamente após a colisão;
- testar os sensores piezoelétricos, verificando se detectam o impacto;
- organizar os materiais de fácil acesso.

Na configuração da pista, o croqui a seguir (Figura 2) mostra os sensores S1, S2 e S3, isto é, os dispositivos eletrônicos programados para medir o tempo em que o veículo passa pelas posições e que estão distribuídos ao longo do percurso; enquanto P1, P2 e P3 são as posições estratégicas ocupadas pelos alunos para efetuarem as anotações das medidas cronometradas em tabela específica.

Figura 2 – Croqui do trecho antes da colisão



A imagem representa um trecho do movimento dos veículos antes da ocorrência da colisão em um cruzamento. No esquema, observa-se a disposição das vias e as posições ocupadas pelos veículos enquanto ainda se deslocam em direção ao ponto onde ocorrerá o acidente.

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

A imagem representa um trecho do movimento dos veículos antes da ocorrência da colisão em um cruzamento. No esquema, observa-se a disposição das vias e as posições ocupadas pelos veículos enquanto ainda se deslocam em direção ao ponto onde ocorrerá o impacto.

Os retângulos azuis identificados pela letra "P" indicam pontos de referência ou posições dos veículos ao longo da via, correspondentes às posições sucessivas dos veículos durante o deslocamento anterior à colisão. Esses pontos permitem reconstituir a trajetória percorrida pelos veículos e estimar as distâncias envolvidas no movimento.

Na parte inferior da figura, há um veículo representado em vermelho, indicando a posição inicial de um dos automóveis antes do impacto. A seta orientada para cima indica o sentido do deslocamento, evidenciando que o veículo se movia em direção ao cruzamento.

Assim, a figura ilustra a fase que antecede o acidente, possibilitando a análise do movimento dos veículos antes da colisão. A partir dessa representação, podem ser discutidos aspectos físicos do deslocamento, como trajetória, direção, velocidade e distância percorrida, contribuindo para a compreensão do evento que culminou na colisão.

A análise do movimento dos veículos no trecho anterior à colisão permite a aplicação de diferentes conceitos da Cinemática, possibilitando a determinação de grandezas físicas como deslocamento, velocidade e aceleração. Um dos cálculos mais utilizados nesse contexto de análise é o da Velocidade Média, que relaciona a distância percorrida pelo veículo com o intervalo de tempo necessário para realizar esse deslocamento, sendo expressa pela relação:

$$\text{(Equação 1): } v_m = \Delta s / \Delta t$$

Em que v_m representa a velocidade média, Δs o deslocamento (ou distância percorrida) e Δt indica o intervalo de tempo considerado. Quando se conhece a velocidade e o tempo de deslocamento, é possível determinar a distância percorrida pelo veículo ao longo de determinado trecho da via utilizando a equação:

$$\text{(Equação 2): } \Delta s = v \cdot t$$

Na qual Δs representa o deslocamento, v a velocidade e t o tempo. Essa equação é particularmente útil para estimar o percurso realizado pelo veículo até o momento da colisão.

Em situações nas quais ocorre variação da velocidade, como durante processos de aceleração ou frenagem, pode-se recorrer às equações do Movimento Uniformemente Variado

(MUV). Uma dessas relações permite calcular a velocidade final do veículo a partir da velocidade inicial, da aceleração e do tempo de movimento, sendo expressa por:

$$\text{(Equação 3): } v = v_0 + a \cdot t$$

Em que v representa a velocidade final, v_0 a velocidade inicial, a a aceleração e t o tempo decorrido.

Outra equação frequentemente utilizada na análise de movimentos com aceleração constante é a equação de Torricelli, que relaciona a velocidade com o deslocamento do veículo, sendo muito empregada em estudos de frenagem e reconstrução de acidentes de trânsito. Essa relação é expressa por:

$$\text{(Equação 4): } v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$$

Na qual v corresponde à velocidade final, v_0 à velocidade inicial, a à aceleração e Δs ao deslocamento.

Além dos conceitos relacionados à Cinemática, a análise de uma colisão também permite explorar princípios da Dinâmica, especialmente o conceito de quantidade de movimento (momento linear), definido pela equação:

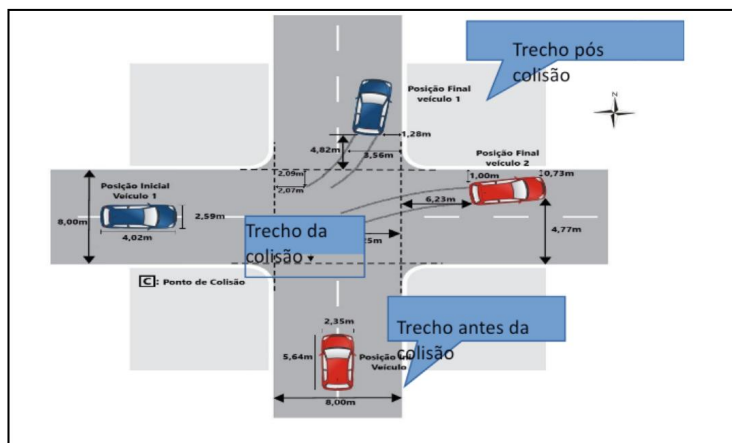
$$\text{(Equação 5): } p = m \cdot v$$

Em que p representa a quantidade de movimento, m corresponde à massa do corpo e v à sua velocidade. Esse conceito é fundamental para compreender as interações que ocorrem durante o impacto entre veículos, sendo frequentemente associado ao princípio da conservação da quantidade de movimento em sistemas de colisão.

Dessa forma, a análise de situações envolvendo acidentes de trânsito constitui um contexto significativo para a abordagem de diferentes conceitos da Física, permitindo articular conteúdos de Cinemática e Dinâmica com situações concretas do cotidiano. Essa contextualização favorece a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos no movimento dos veículos e contribui para uma aprendizagem mais contextualizada e significativa dos conceitos científicos.

Na Figura 3, que apresenta o croqui do cenário do acidente de trânsito, observa-se uma representação mais abrangente da situação real do ocorrido. Observem:

Figura 3 – Croqui do cenário do acidente de trânsito



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Para a análise da situação, o(a) professor(a) propõe a seguinte explanação: a figura apresentada corresponde a um esquema de um acidente de trânsito ocorrido em um cruzamento, que será utilizado como situação-problema para a discussão de conceitos fundamentais da Física.

No diagrama, são representados dois veículos, sendo possível identificar diferentes momentos de seus movimentos. Inicialmente, observa-se o trecho anterior à colisão, que indica o percurso realizado pelos veículos até o ponto de impacto. Esse deslocamento é relevante para a análise de aspectos como direção, trajetória e possíveis velocidades desenvolvidas.

Em seguida, destaca-se o trecho da colisão, indicado no esquema pelo ponto C, que representa o local onde ocorre o choque entre os veículos. Esse instante é fundamental para a discussão de fenômenos físicos associados à interação entre corpos, como as forças envolvidas e o princípio da conservação da quantidade de movimento.

Posteriormente, observa-se o trecho pós-colisão, que evidencia as trajetórias dos veículos após o impacto até chegarem às suas posições finais. As medidas indicadas no esquema correspondem às distâncias percorridas nesse intervalo, permitindo analisar as alterações no movimento em decorrência da colisão.

Dessa forma, a figura funciona como uma representação simplificada de uma situação real, possibilitando a investigação e a aplicação de conceitos físicos na compreensão de acidentes de trânsito.

A figura apresentada constitui, portanto, um recurso didático relevante para a abordagem de diversos conceitos da Física, especialmente no campo da Mecânica, ao representar esquematicamente a dinâmica de um acidente de trânsito ocorrido em um

cruzamento. A partir dessa situação, torna-se possível explorar conteúdos de Cinemática, como deslocamento, trajetória, velocidade média, direção e sentido do movimento, considerando os percursos realizados pelos veículos antes e após a colisão. A análise das diferentes direções de movimento também favorece o trabalho com grandezas vetoriais, permitindo discutir a representação e a composição de vetores, particularmente no que se refere às velocidades dos veículos envolvidos.

Além disso, a situação ilustrada possibilita a introdução de conceitos centrais da Dinâmica, como a quantidade de movimento (momento linear) e o princípio da conservação da quantidade de movimento, amplamente aplicados na análise de colisões. A partir das trajetórias e posições finais dos veículos, os estudantes podem refletir sobre as transformações no movimento decorrentes do impacto, compreendendo que, em situações reais, colisões de trânsito tendem a ser predominantemente inelásticas, nas quais parte da energia cinética inicial é dissipada sob a forma de deformações dos veículos, calor e som.

Adicionalmente, as distâncias percorridas pelos veículos após a colisão permitem discutir a atuação de forças resistivas, como o atrito entre os pneus e o pavimento, responsável pela desaceleração dos veículos até a parada. Assim, a análise da figura favorece a articulação entre diferentes conceitos físicos, promovendo uma abordagem contextualizada que aproxima o conhecimento científico de situações concretas do cotidiano e contribui para uma compreensão mais significativa dos fenômenos físicos envolvidos em eventos comuns da vida social, como os acidentes de trânsito.

Momento 1 – Problematização/Investigação Inicial (10 minutos)

Passos:

- a) exibição dos vídeos: o(a) professor(a) divide a turma em três equipes e inicia a aula com a exibição de vídeos curtos sobre acidentes em cruzamentos. Vídeo 1: [https://www.youtube.com/watch?v=cOGCMdgGlPo](https://www.youtube.com/watch?v=cOGCMdgGlPo;); Vídeo 2: <https://youtu.be/TfD1zfBaUtA>;
- b) discussão inicial mediada pelo(a) professor(a): após a exibição, promove-se um breve debate com base em perguntas geradoras, com o objetivo de despertar a curiosidade dos estudantes e explicitar suas concepções prévias sobre o fenômeno;
- c) levantamento de hipóteses: cada equipe elabora previsões sobre o comportamento dos veículos durante a colisão. O professor registra as respostas no quadro, organizando-as conforme o modelo a seguir:

Quadro 1 – Predição do conhecimento

Pergunta	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3
Eles vão parar imediatamente?			
Vão continuar em movimento?			
Um empurra o outro?			
O que acontece com a velocidade?			

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O Quadro 1 apresenta as previsões formuladas pelos estudantes antes da execução da atividade experimental. O objetivo é investigar suas concepções iniciais sobre o comportamento de dois carrinhos em movimento, quando são liberados no mesmo trilho, considerando situações de interação, continuidade do movimento e variação da velocidade.

Cada equipe responde a quatro questões centrais:

- a) se os carrinhos iriam parar imediatamente após o início do movimento;
- b) se eles continuariam em movimento;
- c) se ocorreria algum tipo de interação entre eles, como um empurrão;
- d) o que aconteceria com a velocidade no decorrer da situação.

Momento 2 – Organização do Conhecimento (15 minutos)

Objetivo: sistematizar os conceitos científicos necessários para a compreensão da situação-problema apresentada na etapa inicial. Nesta fase, o professor organiza e discute os conceitos fundamentais da Física envolvidos no fenômeno observado.

Conceitos físicos fundamentais

Quadro 2 – Conceitos de Física envolvidos na simulação de acidente

Conceito de Física	Descrição resumida	Aplicação no carro robô / trânsito
Movimento retilíneo uniforme (MRU)	Velocidade constante, sem aceleração	Deslocamento do robô antes da frenagem
Movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV)	Aceleração e desaceleração	Simulação da frenagem e impacto
Velocidade e velocidade média	Relação entre espaço e tempo	Medição da velocidade antes da colisão

Conceito de Física	Descrição resumida	Aplicação no carro robô / trânsito
Aceleração	Variação da velocidade no tempo	Aumento ou redução da velocidade do robô
Força resultante	Soma das forças atuando sobre o corpo	Análise das forças que atuam durante a colisão
Força de atrito	Resistência entre superfícies	Comparação entre pista seca e molhada
Quantidade de movimento (momento linear)	Produto da massa pela velocidade	Impacto é maior com velocidade e massa maiores
Conservação da quantidade de movimento	Quantidade total antes e depois da colisão	Simulação de colisão entre robô e obstáculo
Energia cinética	Energia do movimento: $E_c = \frac{1}{2}mv^2$	Cresce com a velocidade; impactos mais severos
Leis de Newton	Explicam movimento e forças	Cinto de segurança, impacto, ação e reação
Distância de frenagem	Tempo de reação + espaço de frenagem	Medir distância de parada em diferentes velocidades
Gráficos ($v \times t$, $a \times t$)	Representações matemáticas	Registrar dados de velocidade/tempo das simulações

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Aplicação do Conhecimento

Nesta etapa, os estudantes aplicam os conceitos sistematizados para analisar e interpretar o experimento com os carros robôs.

Passos:

Coleta de dados

Os estudantes organizam-se ao longo da pista previamente demarcada. Cada equipe realiza medições de: tempos de deslocamento dos carrinhos; distâncias percorridas; velocidades médias; variações de velocidade.

O(a) professor(a) demonstra o funcionamento dos carros robôs (avancar, recuar e parar), orientando os estudantes quanto ao registro adequado dos dados.

Simulação da colisão e análise

Os carros robôs são acionados até ocorrer a colisão. Após o impacto, os estudantes observam o comportamento real dos carrinhos e respondem às seguintes questões orientadoras:

- a) quais são as diferenças entre as previsões iniciais e os resultados obtidos?
- b) como explicar teoricamente o comportamento observado?
- c) qual é o papel da energia, da velocidade e do tempo de contato no impacto?
- d) a velocidade dos carros se altera após a colisão? Por quê?
- e) que formas de energia podem ser identificadas durante o impacto?
- f) o que explica as diferentes trajetórias após a colisão?
- g) quais hipóteses foram confirmadas e quais foram refutadas?

Essa etapa promove a articulação entre teoria e prática, favorecendo a construção do conhecimento científico a partir da análise de uma situação concreta e experimental.

2.2 Aula 2 – Análise do MRU e MRUV em acidentes de trânsito

Conteúdo: Movimento Retilíneo Uniforme (MRU): velocidade constante, relação entre espaço e tempo, gráficos do MRU; Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV): aceleração ou desaceleração constante, cálculo da distância de frenagem, gráficos do MRUV.

Objetivo: Compreender os conceitos de Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), analisando como esses fenômenos físicos influenciam a dinâmica do trânsito, especialmente no que diz respeito à velocidade, à frenagem e à segurança viária.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=RS0vifGc7Jg>

Conteúdo: Movimento Retilíneo Uniforme (MRU): velocidade constante, relação entre espaço e tempo, gráficos do MRU; Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV): aceleração ou desaceleração constante, cálculo da distância de frenagem, gráficos do MRUV.

Objetivo: Compreender os conceitos de Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), analisando como esses fenômenos físicos influenciam a dinâmica do trânsito, especialmente no que diz respeito à velocidade, à frenagem e à segurança viária.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=RS0vifGc7Jg&ren=1>

Mulher é arremessada após colisão entre carros em Cuiabá

Desenvolvimento da aula

Momento 1 – Problematização/Investigação Inicial

A aula é iniciada com a exibição do vídeo indicado. Em seguida, o(a) professor(a) promove um debate orientado, utilizando questões geradoras que estimulem a reflexão dos estudantes:

Questionário/perguntas geradoras (10 minutos)

- a) você já parou para pensar por que, em muitos acidentes, o veículo não conseguiu parar a tempo?
- b) o que será que determina a distância necessária para um carro parar após frear?
- c) quais fatores influenciam a distância de frenagem de um veículo?
- d) como o movimento do carro, antes de um acidente, pode ser descrito do ponto de vista da Física?

Material utilizado no experimento: aparelho de projeção de vídeo, Arduino, fitas, cronômetros, trena, pincel atômico, dois carros de controle remoto (programados com Arduino).

A análise dos movimentos MRU e MRUV permite calcular a distância de frenagem necessária para que um veículo pare com segurança, considerando sua velocidade inicial e o tempo de desaceleração. A partir desses cálculos, é possível identificar situações críticas no trânsito em que há maior probabilidade de acidentes, seja pela insuficiência de tempo de reação, seja pela distância inadequada para a parada segura.

Além disso, a compreensão desses movimentos contribui para decisões mais fundamentadas relacionadas à segurança viária, como a definição de limites de velocidade, a instalação de sinalizações adequadas e a implementação de áreas de frenagem em rodovias. Esse conhecimento também é essencial para o desenvolvimento de tecnologias de segurança, como sistemas de frenagem automática e controle de velocidade adaptativo, que auxiliam na redução de acidentes.

O professor pode iniciar a discussão apresentando dados sobre acidentes de trânsito associados ao excesso de velocidade ou à insuficiência da distância de frenagem, incentivando os alunos a formularem hipóteses sobre a influência dos conceitos físicos nesses fenômenos. De forma dialógica, conduz-se a reflexão sobre como o MRU e o MRUV explicam tais situações, evidenciando sua relevância na compreensão dos acidentes.

Na sequência, com o uso de datashow, o professor apresenta gráficos e equações que descrevem esses movimentos, permitindo aos alunos compreender o comportamento dos veículos tanto em deslocamento quanto durante a frenagem.

Para a análise do movimento, é fundamental definir um ponto de referência. Nesse contexto, considera-se a Terra como referencial, caracterizando um referencial inercial aproximado, a partir do qual se torna possível descrever e analisar, com precisão, o movimento dos veículos e os eventos envolvidos em um acidente de trânsito.

Momento 2 – Organização do Conhecimento (15 minutos)

Nesta etapa, o(a) professor(a) sistematiza os conceitos fundamentais relacionados ao Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e ao Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), estabelecendo relações com a análise de situações de trânsito.

Inicialmente, apresenta-se a velocidade média como a grandeza que expressa a variação da posição de um corpo em um determinado intervalo de tempo. No gráfico posição $\times$ tempo, essa grandeza é representada pela inclinação da reta que liga o ponto inicial ao ponto final da trajetória. Quando a velocidade permanece constante, o movimento é classificado como MRU. A velocidade média pode ser calculada pela relação:

$$\text{(Equação 6): } v_m = \Delta s / \Delta t$$

Onde:

- a) v : velocidade em metros por segundo (m/s);
- b) Δs : distância percorrida pelo veículo em um determinado intervalo de tempo, em metros (m);
- c) Δt : intervalo de tempo considerado, em segundos (s).

A partir dessa relação, os estudantes podem compreender que, em um movimento uniforme, o veículo percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais, permitindo analisar situações cotidianas do trânsito, como o deslocamento de automóveis em vias urbanas ou rodovias com velocidade constante.

Em seguida, o(a) professor(a) introduz o conceito de aceleração média, definida como a variação da velocidade em um determinado intervalo de tempo, sendo representada por uma reta que conecta o ponto inicial e o ponto final da trajetória, no gráfico velocidade $\times$ tempo. Isso significa que a aceleração descreve como a velocidade de um objeto muda ao longo do tempo.

Quando a variação da velocidade ocorre de forma constante, caracteriza-se o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV). Nesse caso, utilizam-se equações

específicas para descrever o movimento. A equação da velocidade relaciona a velocidade final (v), a velocidade inicial (v_0), a aceleração (a) e o tempo (t), sendo expressa por:

$$\text{(Equação 7): } v = v_0 + at$$

Onde:

- a) v : velocidade final (m/s);
- b) v_0 : velocidade inicial (m/s);
- c) a : aceleração (m/s²);
- d) t : tempo decorrido (s).

Essa equação permite analisar situações em que os veículos aumentam ou reduzem sua velocidade, como durante ultrapassagens, arrancadas ou frenagens no trânsito.

Além disso, a posição final do veículo em movimento retilíneo uniformemente variado pode ser determinada considerando-se a posição inicial, a velocidade inicial, a aceleração e o tempo de deslocamento. Essa relação é dada pela equação horária da posição:

$$\text{(Equação 8): } s = s_0 + v_0t + (a/2) \cdot t^2$$

Onde:

- a) s : posição final (m);
- b) s_0 : posição inicial (m);
- c) v_0 : velocidade inicial (m/s);
- d) a : aceleração (m/s²);
- e) t : tempo (s).

Por meio dessa equação, torna-se possível estimar a posição ocupada pelo veículo em diferentes instantes do movimento, permitindo interpretar situações relacionadas à distância percorrida durante processos de aceleração ou desaceleração.

A compreensão dessas relações permite analisar situações reais, como a frenagem de veículos, estimando distâncias percorridas e variações de velocidade. Dessa forma, os estudantes conseguem interpretar, com base em modelos físicos, como os veículos se comportam em diferentes condições de movimento no trânsito.

Momento 3 – Aplicação do Conhecimento (25 minutos)

Objetivo: Compreender a aplicação dos conceitos de MRU e MRUV em situações reais de acidentes de trânsito, por meio de simulações com carros robôs e análise de dados experimentais.

Atividade prática: distância, tempo, velocidade e aceleração

Com o objetivo de explorar as interpretações dos estudantes e testar as hipóteses levantadas anteriormente, propõe-se a realização de testes práticos com carros robôs em uma pista previamente desenhada no chão da sala de aula.

Os alunos devem se posicionar em locais pré-determinados pelo professor ao longo da pista, de modo que cada participante seja responsável por medir o tempo de passagem do veículo em um ponto específico, como mostrado na Figura 3.

Antes do início da atividade, o(a) professor(a) deve apresentar o funcionamento do carro robô, explicando os comandos básicos de controle, como deslocamento e variação de velocidade.

Quadro 3 – Comandos básicos do carro robô (Arduino)

ANDAR PARA FRENTE	ANDAR PARA TRÁS	PARAR
digitalWrite(IN1, HIGH); digitalWrite(IN2, LOW); analogWrite(ENA, 150); digitalWrite(IN3, HIGH); digitalWrite(IN4, LOW); analogWrite(ENB, 150);	digitalWrite(IN1, LOW); digitalWrite(IN2, HIGH); analogWrite(ENA, 150); digitalWrite(IN3, LOW); digitalWrite(IN4, HIGH); analogWrite(ENB, 150);	digitalWrite(IN1, LOW); digitalWrite(IN2, LOW); analogWrite(ENA, 0); digitalWrite(IN3, LOW); digitalWrite(IN4, LOW); analogWrite(ENB, 0);

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 4 – Controle dos carros robôs



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

A Figura 4 apresenta o controle remoto utilizado para comandar o carro robô, permitindo regular seu funcionamento e sua velocidade durante as atividades experimentais. Cada botão possui uma função específica que possibilita manipular o movimento do veículo.

O botão de ligar/desligar é responsável por ativar ou interromper o funcionamento do carro robô. Quando acionado, ele estabelece a comunicação entre o controle remoto e o veículo, permitindo que os demais comandos passem a funcionar.

O botão de acelerar aumenta a velocidade do carro robô, fazendo com que ele se desloque mais rapidamente. Esse comando é utilizado quando se deseja que o veículo ganhe velocidade durante o percurso.

O botão de desacelerar realiza a função oposta, reduzindo gradualmente a velocidade do carro. Esse comando é importante para controlar o movimento do robô, permitindo diminuir sua velocidade ou prepará-lo para a parada.

Por fim, o botão de reset tem a função de reiniciar o sistema do controle ou do veículo, restaurando as configurações iniciais caso ocorra algum erro de funcionamento ou perda de resposta dos comandos.

Esses comandos permitem um controle simples e eficiente do movimento do carro robô, favorecendo sua utilização em atividades experimentais e em práticas pedagógicas voltadas ao estudo de conceitos de movimento e controle de sistemas.

Comandos básicos do carro robô

- a) ligar: pressione o botão de alimentação principal ou conecte a fonte de energia ao Arduino. Certifique-se de que todos os fios estão corretamente conectados;
- b) parar: utilize o controle remoto ou software de controle (como o aplicativo Bluetooth ou serial) para enviar o comando de parada ou desconecte a energia de forma segura;
- c) alterar velocidade: a velocidade dos robôs pode ser ajustada através de comandos no código do Arduino (por exemplo, modificando a função `analogWrite()` nos motores) ou por comandos enviados via controle remoto. O professor deve demonstrar como essa configuração é feita antes do início da atividade.

Registro dos dados de tempo

- a) cada aluno posicionado em P1, P2 ou P3 deve registrar o tempo exato da passagem do carro por sua posição, observando cuidadosamente o momento em que o carro cruza o ponto de medição;
- b) os tempos devem ser anotados em segundos (com precisão de décimos ou centésimos, conforme o cronômetro utilizado) na tabela, identificando o carro correspondente e o ponto de medição.

Precisão e controle nas medições

- a) é fundamental manter o controle rigoroso das medições. Os alunos devem estar atentos e preparados para acionar o cronômetro no exato momento em que o veículo passa pela marca;
- b) reforce a importância da sincronia entre os alunos e da atenção plena para garantir a confiabilidade dos dados coletados.

Testagem simultânea dos carros

Ambos os carros devem ser colocados na linha de partida ao mesmo tempo e acionados simultaneamente. Isso permitirá comparar diretamente os tempos de passagem, analisar as diferenças de velocidade entre os veículos e observar a distância de frenagem necessária para a parada de cada um.

Durante os testes, os carros robôs devem ser acionados simultaneamente e, a cada passagem dos veículos pelos pontos marcados, os alunos devem usar cronômetros para registrar o tempo exato em que o carro atinge as marcas ou posições previamente estabelecidas na pista. Os dados obtidos devem ser anotados na mesma tabela para posterior análise e cálculo das velocidades.

Quadro 4 – Tempos, posições, velocidades e acelerações dos veículos durante a trajetória

	Posição 1	Posição 2	Posição 3	Total
t(s) cronômetro				
s(m)				
t(s) sensor				
Velocidade (m/s)				
Aceleração (m/s ²)				

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O quadro deve ser preenchido pelos alunos à medida que os veículos forem percorrendo a via, estabelecendo diferentes grandezas: Tempo, Velocidade e Aceleração, em cada posição.

Lembre-se de que os dois carros robôs devem ser testados simultaneamente, o que possibilitará uma comparação entre os tempos de passagem e as diferentes velocidades de movimento dos carros, observando a distância de frenagem necessária para parar os veículos. Durante e após o exercício, o docente pode orientar a reflexão com as seguintes questões:

- a) como a velocidade inicial do carro influencia a distância necessária para a parada?

- b) por que um carro mais rápido necessita de maior distância para parar?
- c) qual a importância de reduzir a velocidade nas rodovias e áreas urbanas?
- d) o movimento nesse trecho é uniforme (MRU) ou variado (MRUV)?
- e) há mudança na velocidade de cada veículo após a colisão? Por quê?

Além disso, o docente pode desafiar os alunos a calcular a aceleração de cada veículo com base nas mudanças de velocidade durante o movimento e a frenagem. Para isso, pode pedir que respondam:

- a) qual a relação entre aceleração e força necessária para parar o veículo?
- b) como a aceleração impacta a segurança dos motoristas em situações de emergência?

Essa atividade proporcionará aos alunos uma compreensão prática dos conceitos de velocidade e aceleração em situações reais, permitindo que testem suas hipóteses sobre o impacto das diferentes velocidades nas colisões e analisem o comportamento dos veículos em uma situação simulada de trânsito.

Ao final, recomenda-se um momento de revisão e socialização, em que os estudantes compartilham suas percepções sobre a importância de entender a Física por trás dos acidentes de trânsito. O docente pode finalizar a aula reforçando como o conhecimento dos conceitos de movimento pode ser fundamental para promover a segurança no trânsito, destacando a relevância do que foi aprendido para a vida cotidiana dos alunos.

2.3 Aula 3 – Quantidade de movimento: velocidade, massa e impacto

Conteúdo: Medidas experimentais com carrinhos controlados por Arduino.

Objetivo: Compreender a relação entre velocidade, massa e impacto por meio do conceito de quantidade de movimento, analisando como esses fatores influenciam a gravidade dos acidentes de trânsito e promovendo a conscientização sobre comportamentos seguros no trânsito.



Imprudência de motoristas provoca acidentes com frequência em cruzamento de Bauri

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=0yzvhk6ZiLM>

Desenvolvimento da aula

Momento 1 – Problematização/Investigação Inicial

Iniciar a aula exibindo o vídeo para os alunos; em seguida, estabelecer um debate com os seguintes questionamentos:

Questionário/perguntas geradoras (10 minutos)

- a) como a velocidade e a massa de um veículo influenciam a quantidade de movimento e, consequentemente, o impacto em um acidente?
- b) o que o conceito de quantidade de movimento nos ensina sobre segurança no trânsito?
- c) como esse conceito pode ser aplicado no desenvolvimento de sistemas de segurança, como airbags e cintos de segurança?
- d) de que forma as leis da Física, como o momento linear, podem ajudar na construção de estradas mais seguras e em estratégias de controle de velocidade?

A quantidade de movimento, também chamada de momento linear, é uma grandeza fundamental da Dinâmica, calculada pela multiplicação da massa de um corpo (em quilogramas) pela sua velocidade instantânea (em metros por segundo). Esse conceito é essencial para compreendermos como os objetos se movimentam e interagem entre si, como no processo de frenagem de um veículo em movimento.

Nos acidentes de trânsito, as informações necessárias para calcular a quantidade de movimento são facilmente acessíveis. O peso do veículo e sua velocidade podem ser facilmente obtidos, o que torna esse conceito relevante para diversas situações cotidianas. Por exemplo, quando um carro está em alta velocidade e precisa parar, sua grande quantidade de movimento exige mais tempo e distância para que ele consiga frear completamente. Veículos mais pesados, como caminhões, possuem uma quantidade de movimento ainda maior devido à sua massa superior, o que dificulta a alteração de sua trajetória ou a redução da velocidade rapidamente.

Momento 2 – Organização do Conhecimento (15 minutos)

Nesta etapa, o professor pode utilizar exemplos do cotidiano para ilustrar a relevância do conceito de quantidade de movimento, evidenciando sua aplicação em investigações de acidentes de trânsito. Nesses contextos, peritos analisam os danos nos veículos, as velocidades envolvidas e a gravidade do impacto.

Exemplos práticos podem incluir colisões em cruzamentos urbanos – como situações em que um veículo avança o sinal vermelho e colide lateralmente com outro –, acidentes em saídas de estacionamento ou colisões em rotatórias e entroncamentos mal sinalizados. O docente pode apresentar imagens reais de perícias técnicas (obtidas em bancos públicos ou simuladores), destacando elementos como marcas de frenagem, posição final dos veículos e deformações nas carrocerias, utilizando-os como ponto de partida para a análise da quantidade de movimento.

Esses exemplos contribuem para que os alunos compreendam como peritos de trânsito aplicam conceitos físicos na reconstrução de acidentes. A partir da observação dos danos nos veículos e do deslocamento dos mesmos após a colisão, é possível estimar velocidades iniciais, identificar possíveis infrações e inferir se houve (ou não) tentativa de frenagem.

Utilizando o Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento (PCQM) como ferramenta analítica, é possível estimar as velocidades dos veículos antes do impacto e relacioná-las com os danos observados. Essa abordagem também permite discutir aspectos como condições de frenagem e tempo de reação dos motoristas.

Para fins didáticos, pode-se considerar a colisão como um "sistema ideal", no qual não atuam forças externas significativas agindo sobre os carros, como atrito com o solo ou resistência do ar. Isso cria uma situação simplificada, em que o PCQM pode ser aplicado de forma direta. No entanto, é importante que o docente saliente aos alunos que o PCQM é rigorosamente válido apenas em sistemas isolados de partículas, ou seja, em sistemas onde não há influências externas (como fricção, resistência do ar, ou deformações). No mundo real, as colisões de veículos não ocorrem em sistemas isolados. Além disso, os veículos não podem ser tratados como partículas, pois possuem dimensões, formas e massas consideráveis, além de interagirem de maneira complexa com o ambiente ao seu redor, incluindo deformações e dissipação de energia.

Na simulação com carros robôs de controle remoto sincronizados via Arduino, os veículos devem se mover em direções perpendiculares e colidir em um cruzamento previamente marcado no chão da sala. O sistema será idealizado, desconsiderando-se forças externas relevantes, o que permite aplicar diretamente o PCQM.

Durante a simulação, recomenda-se que os carros apresentem massas ou velocidades distintas, para que os alunos observem como essas variáveis influenciam o comportamento pós-colisão. O professor pode, por exemplo, configurar um dos carros com maior massa (adicionando pesos simples, como arruelas ou peças de metal) e o outro com menor massa, controlando a velocidade de cada um com o código da programação no Arduino. Essa variação

é essencial para evidenciar como, em uma colisão real, veículos com diferentes massas e velocidades apresentam respostas distintas ao impacto.

É importante destacar que a aplicação do PCQM em situações reais de trânsito possui limitações. Colisões envolvem não apenas a troca de quantidade de movimento, mas também perdas de energia devido a deformações dos carros, atrito com a pista, dissipação de energia térmica e mudanças de trajetória e velocidade que podem ser influenciadas por forças externas, como a resistência do ar.

O Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento (PCQM) estabelece que a soma da quantidade de movimento total de um sistema permanece constante antes e depois da colisão, desde que não haja forças externas significativas. A quantidade de movimento é uma grandeza vetorial definida pelo produto da massa de um corpo por sua velocidade, podendo ser expressa pela relação:

$$\text{(Equação 9): } \vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Onde:

- a) $\vec{p}$: quantidade de movimento em kg·m/s;
- b) m : massa do veículo em kg;
- c) $\vec{v}$: vetor velocidade do veículo em m/s.

Essa relação demonstra que a quantidade de movimento de um corpo depende tanto da sua massa quanto da sua velocidade, sendo representada vetorialmente, isto é, possuindo módulo, direção e sentido. Em situações de trânsito, veículos com maior massa ou maior velocidade apresentam maior quantidade de movimento, o que influencia diretamente os efeitos produzidos em uma colisão.

A soma vetorial das quantidades de movimento individuais corresponde à quantidade de movimento total do sistema. Para um sistema constituído por dois corpos, a quantidade de movimento total antes da colisão pode ser representada por:

$$\text{(Equação 10): } m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = p_1 + p_2 = p$$

Nessa expressão:

- a) m_1 e m_2 : massas dos veículos 1 e 2;
- b) v_1 e v_2 : velocidades dos veículos antes da colisão;
- c) p_1 e p_2 : quantidades de movimento dos veículos antes do impacto;
- d) p : quantidade de movimento total do sistema antes da colisão.

Logo após a colisão, ambos os veículos sofrem alterações em suas trajetórias e velocidades. Considerando que suas massas permaneçam constantes, a soma vetorial das quantidades de movimento após o impacto será igual à quantidade de movimento total do sistema antes da colisão. Essa condição pode ser representada pela equação:

$$\text{(Equação 11): } m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2 = p'_1 + p'_2 = p' \Rightarrow p = p'$$

Essa relação evidencia que, embora os veículos possam sofrer mudanças de direção e velocidade durante o impacto, a quantidade de movimento total do sistema permanece conservada. A aplicação desse princípio é fundamental na análise e reconstrução de acidentes de trânsito, pois permite estimar velocidades, direções e comportamentos dos veículos envolvidos a partir das evidências observadas após a colisão.

Momento 3 – Aplicação do Conhecimento (25 minutos)

Objetivo: Aplicar o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento (PCQM) na análise de uma colisão entre dois carros robôs, determinando as velocidades antes e após o impacto.

Atividade prática: quantidade de movimento

Durante esta atividade, os alunos irão medir as velocidades iniciais dos carros robôs e, com base no PCQM, calcular suas velocidades após a colisão. O exercício visa entender como diferentes massas e velocidades influenciam a dinâmica do impacto.

Procedimento experimental

Passo 1: Preparação dos materiais. Monte novamente o cenário da colisão (Figura 4) com as vias desenhadas no chão, formando um cruzamento perpendicular. Posicione os dois carros robôs (V1 e V2) nas vias, em sentidos opostos:

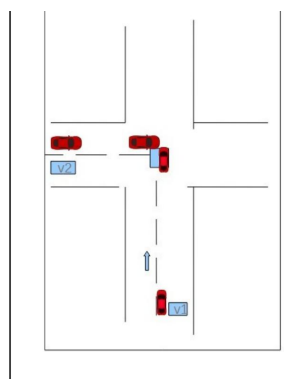
- a) V1: sentido Sul → Norte;
- b) V2: sentido Oeste → Leste.

Passo 2: Medição das massas dos robôs. Utilize uma balança digital para medir a massa de cada robô (em kg) e registre os valores na tabela.

Passo 3: Coleta da velocidade inicial (antes da colisão). Solicite que os alunos meçam a massa de cada robô com uma balança de precisão. As massas dos robôs são necessárias para calcular a quantidade de movimento; em seguida, utilize o cenário desenhado anteriormente, conforme ilustra a Figura 5.

Na Figura 5, o veículo representado por V1 trafega na via no sentido Sul/Norte, em direção perpendicular ao veículo representado por V2, que trafega na via, no sentido Oeste/Leste, ocasionando uma colisão no cruzamento das vias. Por fim, simule a colisão entre os dois carros robôs, baseados na plataforma Arduino.

Figura 5 – Croqui do momento da colisão



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Onde:

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Onde:

- a) C: sítio de colisão;
- b) V2: veículo no sentido horizontal;
- c) V1: veículo no sentido vertical.

Durante a simulação, os alunos devem medir a velocidade final de cada robô antes da colisão e, com base na conservação da quantidade de movimento, calcular as velocidades v'_1 e v'_2 dos carros robôs após o impacto e registrar na tabela.

Inicialmente, deve-se determinar a quantidade de movimento total do sistema antes da colisão, utilizando a seguinte relação:

$$\text{(Equação 12): } m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = p_1 + p_2 = p$$

Nessa equação:

- a) m_1 e m_2 : massas dos carros robôs;
- b) v_1 e v_2 : velocidades dos veículos antes da colisão;
- c) p_1 e p_2 : quantidades de movimento individuais;
- d) p : quantidade de movimento total do sistema antes da colisão.

Após o impacto, os veículos apresentam novas velocidades e direções de movimento. Considerando que não atuam forças externas significativas sobre o sistema, a quantidade de movimento total permanece conservada. Assim, as velocidades após a colisão podem ser determinadas pela relação:

$$(Equação 13): \quad m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2 = p'_1 + p'_2 = p' \Rightarrow p = p'$$

A comparação entre os valores obtidos antes e depois da colisão permitirá aos estudantes verificar experimentalmente a conservação da quantidade de movimento, compreendendo como as velocidades dos veículos são alteradas em decorrência do impacto.

Utilizando as Equações 12 e 13, os alunos deverão realizar os cálculos necessários e preencher o quadro a seguir com os valores das velocidades e da quantidade de movimento antes e depois da colisão.

Quadro 5 – Velocidades antes e depois da colisão e quantidade de movimento

	Antes	Depois
V1		
V2		
Q		

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A partir dos dados obtidos, os alunos devem calcular a quantidade de movimento dos carros robôs e comparar os resultados antes e depois da colisão. Em seguida, o professor pode fazer os seguintes questionamentos:

- a) o que aconteceria se a velocidade de um dos veículos fosse o dobro?
- b) que medidas poderiam aumentar a segurança de veículos de maior massa?
- c) como a Física pode ser aplicada para melhorar os laudos periciais em acidentes de trânsito?

3.4 Aula 4 – O papel do atrito e da energia nos acidentes

Conteúdo: Atrito, energia cinética, trabalho, energia mecânica, Leis de Newton.

Objetivos:

- a) entender como o atrito influencia os acidentes de trânsito, analisando situações do cotidiano para compreender seus efeitos sobre a frenagem, o deslizamento dos veículos e a segurança nas vias;

- b) entender a importância dos dispositivos de segurança nos veículos e o papel do atrito para a prevenção de acidentes no trânsito;
- c) relacionar os conceitos de energia cinética e trabalho à dinâmica das colisões e aos danos provocados pelos impactos.



Condutor perde o controle do carro em pista molhada

Condutor perde o controle do carro em pista molhada

Fonte: <https://www.youtube.com/shorts/YFM-3BDIY9c>

Desenvolvimento da aula

Momento 1 – Problematização/Investigação Inicial

O professor deverá exibir um vídeo curto envolvendo acidente de trânsito. Após a exibição, propõe-se um momento de debate investigativo com perguntas geradoras, estimulando os alunos a relacionarem os fenômenos observados com os conceitos físicos envolvidos.

- a) se um dos carros freasse bruscamente para evitar a colisão, o que faria o veículo parar?
- b) que tipo de energia estaria envolvida nessa situação?
- c) para onde vai essa energia durante a frenagem e a colisão?
- d) o que causou o acidente?
- e) como a Física pode explicar o ocorrido?
- f) qual o papel da velocidade, do atrito e da energia nesse contexto?
- g) como o atrito entre os pneus e a estrada influencia a capacidade de frenagem?
- h) por que o risco de acidentes aumenta em pistas molhadas ou com óleo?
- i) a força de atrito é igual em diferentes superfícies?

Ao final da problematização, espera-se que os alunos compreendam que pneus em boas condições, em contato com asfalto seco, apresentam maior coeficiente de atrito, permitindo

frenagens mais eficientes. Em pistas molhadas, entretanto, o atrito diminui significativamente, aumentando a distância de frenagem e o risco de derrapagens.

O professor pode então introduzir os conceitos centrais da aula, destacando que o atrito é uma força de contato que atua tangencialmente às superfícies de contato entre dois corpos sólidos e é sempre oposta ao movimento relativo (ou à tendência de movimento) entre essas superfícies. No contexto viário, essa força é essencial para que o veículo desacelere, faça curvas com estabilidade e consiga parar quando o motorista aciona os freios. Sem atrito suficiente, o veículo perde a capacidade de responder de forma eficiente aos comandos do motorista, o que pode resultar em derrapagens, aumento da distância de frenagem ou até mesmo em acidentes graves.

Exemplo prático: em um asfalto seco, o coeficiente de atrito entre o pneu e a pista pode ser $\mu \approx 0,7$. Em um asfalto molhado, esse valor pode cair para $\mu \approx 0,3$. Isso significa que, em pista molhada, o carro tem menos da metade da aderência ao solo, o que pode dobrar ou até triplicar a distância necessária para a frenagem.

Outros fatores que influenciam o atrito no trânsito

- a) condições dos pneus: pneus carecas, mal calibrados ou com sulcos desgastados reduzem a capacidade de atrito;
- b) velocidade do veículo: quanto maior a velocidade, maior a energia que precisa ser dissipada para parar o veículo;
- c) inclinação da via: em descidas, o atrito precisa combater uma parte do peso do veículo;
- d) tipo de pavimento: superfícies de diferentes materiais, como terra, asfalto ou paralelepípedo, oferecem diferentes coeficientes de atrito.

Importância para a educação no trânsito: compreender o papel do atrito é fundamental para a formação de condutores conscientes. Essa compreensão permite que o motorista entenda por que é perigoso dirigir em alta velocidade em dias de chuva e por que a manutenção dos pneus é crucial para a segurança, e não apenas uma questão estética.

Momento 2 – Organização do Conhecimento (15 minutos)

Atrito

O atrito é muito importante na nossa vida; por meio da experiência e da observação, principalmente em acidentes envolvendo veículos, percebe-se que o atrito é um dos aspectos-chave relacionados à segurança no trânsito. Experimentalmente, verifica-se que o valor da força

de atrito é proporcional à pressão exercida entre as superfícies em contato dos corpos e depende também das características dessas superfícies. Essa relação pode ser expressa por:

$$\text{(Equação 14): } Fr = \mu \cdot N$$

Onde:

- a) Fr: força de atrito;
- b) μ (mi): número adimensional que representa a qualidade da superfície em contato, denominado coeficiente de atrito;
- c) N: força perpendicular ao plano de deslizamento.

Essa equação demonstra que, quanto maior for a força normal ou o coeficiente de atrito entre as superfícies, maior será a força de atrito atuante. No contexto do trânsito, essa força é fundamental para garantir a aderência entre os pneus dos veículos e o pavimento, influenciando diretamente processos de frenagem, aceleração e realização de curvas.

Energia cinética

A energia cinética é a energia que um veículo possui devido à sua velocidade, ou seja, quanto mais rápido ele estiver, maior será sua energia cinética. Quando ocorre um acidente de trânsito, essa energia precisa ser dissipada de alguma forma, geralmente através do impacto com outro veículo, objeto ou até mesmo o solo. O trabalho, nesse contexto, está relacionado à força exercida durante o impacto, que causa a deformação dos veículos ou lesões.

Portanto, a energia cinética do veículo no momento do acidente é fundamental para entender a intensidade do impacto e os danos causados. Quanto maior a energia cinética, maior será o trabalho necessário para parar o veículo, o que explica a gravidade de acidentes com velocidades elevadas.

Entre as diversas formas de energia presentes na natureza, a que mais interessa no estudo dos acidentes de trânsito é a energia cinética, uma grandeza escalar que resulta da combinação entre a massa e a velocidade de um corpo. Essa energia pode ser determinada pela expressão:

$$\text{(Equação 15): } Ec = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Onde:

- a) Ec: energia cinética;
- b) m: massa;
- c) v: velocidade.

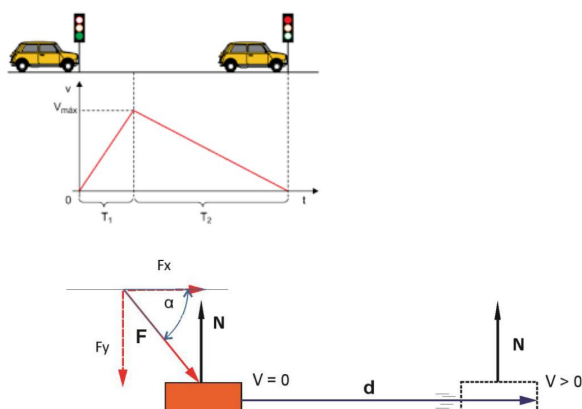
Essa relação evidencia que a energia cinética aumenta proporcionalmente à massa e ao quadrado da velocidade. Assim, pequenas elevações na velocidade resultam em aumentos significativos da energia envolvida em uma colisão.

Trabalho

Observe as imagens a seguir:

TRABALHO

Observe as imagens a seguir:



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

O trabalho é uma grandeza escalar (não vetorial); portanto, carece de sentido e direção. Este resulta do produto escalar entre dois vetores: vetor força e vetor posição.

Logo, considere um corpo de massa "m" apoiado sobre uma superfície horizontal que se encontra em repouso (velocidade inicial igual a zero) em um ponto "a", o qual é submetido à ação de uma força F aplicada com certo ângulo. Como resultado da força aplicada, o corpo é transladado até o ponto "b", adquirindo uma velocidade V maior que zero e percorrendo uma distância d.

Nesse caso, a força F e a distância d são dois vetores, não coincidentes em suas direções e sentidos. O ângulo α é o constituído entre as direções desses dois vetores; portanto, o trabalho da força é definido como:

$$\text{(Equação 16): } \Delta E_c = T \Rightarrow T = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

Onde:

- a) $\Delta E_c = T$: variação (mudança) da energia cinética;
- b) T: trabalho efetuado pela força de atrito;
- c) d: distância;

d) F: força;

e) α : ângulo entre a força e o deslocamento.

Essa expressão evidencia que o trabalho realizado por uma força corresponde à transferência de energia para o corpo. Quando a força atua no mesmo sentido do deslocamento, o trabalho é positivo; quando atua em sentido contrário, como ocorre com a força de atrito, o trabalho é negativo.

Relacionando a equação do trabalho com a força de atrito, obtém-se:

$$(Equação 17): \quad T = F \cdot d = \mu \cdot m \cdot g \cdot d$$

Onde:

a) T: trabalho;

b) F: força;

c) d: distância;

d) μ : coeficiente de atrito;

e) m: massa;

f) g: gravidade.

Logo, quando o carro para, sua energia cinética é reduzida para zero. Isso significa que a variação da energia cinética é igual ao trabalho realizado pela força de atrito durante a frenagem.

Momento 3 – Aplicação do Conhecimento (25 minutos)

Objetivo: Compreender como a energia cinética e o trabalho das forças de atrito influenciam a gravidade dos acidentes e a distância de frenagem de um veículo, aplicando o princípio da conservação da energia em situações simuladas com carrinho robô.

O coeficiente de atrito é uma grandeza adimensional, ou seja, não possui unidade de medida. Essa força expressa o comportamento de duas superfícies em contato ao deslizar uma em relação a outra e seu valor depende de cada par de materiais. Além do material do qual são feitas, outros fatores influenciam o valor do atrito, como seu grau de polimento, suas condições (se seca, molhada ou lubrificada), além de suas temperaturas e velocidades relativas.

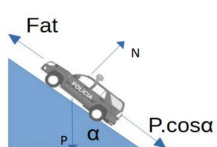
Por mais polidas que as superfícies dos materiais possam parecer macroscopicamente, elas apresentam rugosidades microscópicas. Logo, quando duas superfícies apresentam qualquer tendência de movimentação uma em relação à outra, é observada a ação da força de

atrito no sentido contrário do movimento. Sendo essa força um dos fatores que influenciam a aderência entre os pneus dos veículos e o pavimento da estrada, essa aderência é essencial para o controle do veículo e para a eficiência das frenagens, manobras e acelerações. Nesse sentido, é um fator crítico na segurança viária.

No caso de acidente de trânsito, o coeficiente de atrito é um fator considerado na determinação da velocidade dos veículos e seu valor numérico pode ser calculado de forma simples.

Utilizando apenas uma cerâmica, cujo revestimento seja equivalente à textura do piso da sala, coloca-se o carro robô na cerâmica, inclinando-a até o carro ficar na iminência de movimento, formando assim um plano inclinado, conforme a Figura 6.

Figura 6 – Modelo do plano inclinado



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

A situação representada na figura corresponde ao estudo do movimento de um veículo em um plano inclinado, contexto amplamente explorado na Dinâmica para a análise das forças que atuam sobre um corpo. Nesse tipo de situação, o veículo está submetido principalmente à força peso (P), à força normal (N) exercida pela superfície do plano e à força de atrito (Fat), que atua em sentido contrário ao movimento.

A força peso resulta da interação gravitacional entre o corpo e a Terra e pode ser determinada pela equação:

$$(Equação 18): \quad P = m \cdot g$$

Em que:

- a) P : força peso;
- b) m : massa do veículo;
- c) g : aceleração da gravidade.

Quando um corpo se encontra sobre um plano inclinado, a força peso não atua inteiramente na direção do movimento ao longo da rampa, sendo necessário realizar sua decomposição em duas componentes. A primeira componente é paralela ao plano inclinado e é

responsável por promover a tendência de deslocamento do veículo ao longo da rampa, sendo expressa pela relação:

$$(Equação 19): \quad P_{\parallel} = P \cdot \sin(\alpha)$$

A segunda componente atua perpendicularmente à superfície e é dada por:

$$(Equação 20): \quad P_{\perp} = P \cdot \cos(\alpha)$$

Além dessas forças, atua também a força de atrito, responsável por se opor ao movimento ou à tendência de movimento do veículo ao longo da rampa. Essa força pode ser calculada pela expressão:

$$(Equação 21): \quad F_{at} = \mu \cdot N$$

Onde:

- a) F_{at} : força de atrito;
- b) μ : coeficiente de atrito;
- c) N : força normal.

Para ilustrar essa situação, pode-se considerar um veículo de massa igual a 1200 kg em uma rampa com inclinação de 30° . Nesse caso, o peso do veículo é dado por $P = 1200 \cdot 9,8 = 11760 \text{ N}$.

A componente do peso paralela ao plano inclinado será $P_{\parallel} = 11760 \cdot \sin(30^\circ) = 5880 \text{ N}$, valor responsável pela tendência de deslocamento do veículo ao longo da rampa.

Já a componente perpendicular ao plano, que origina a força normal, será $N = 11760 \cdot \cos(30^\circ) \approx 10184 \text{ N}$.

Considerando um coeficiente de atrito igual a 0,7, a força de atrito atuante será aproximadamente $F_{at} = 0,7 \cdot 10184 \approx 7129 \text{ N}$.

A análise dessas forças permite compreender como o movimento do veículo em um plano inclinado depende da interação entre a componente do peso que tende a deslocá-lo ao longo da rampa e a força de atrito que se opõe a esse movimento. Dessa forma, o estudo dessa situação contribui para a compreensão de fenômenos físicos presentes em situações reais, como a circulação de veículos em vias inclinadas, reforçando a importância da aplicação dos conceitos da Dinâmica na interpretação de situações do cotidiano.

Proposta de atividade

Preencha o quadro a seguir e calcule o valor de α = cateto adjacente e μ = cateto oposto.

Quadro 6 – Ângulo de inclinação e cálculo do coeficiente de atrito

α	
μ	

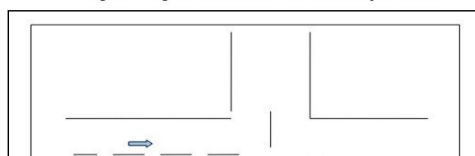
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Observando a próxima ilustração, percebe-se que, após o momento de colisão, os veículos tomam posições oblíquas, ficando em repouso, ou seja, com velocidade 0. O posicionamento dos dois veículos, devido ao atrito, deixou frenagem (marcas dos pneus na pista) cujas dimensões equivalem a $d1$ e $d2$.

Figura 7 – Demonstração do momento pós-colisão

Observando a próxima ilustração, percebe-se que, após o momento de colisão, os veículos tomam posições oblíquas, ficando em repouso, ou seja, velocidade 0; O posicionamento dos dois veículos, devido ao atrito, deixou frenagem (marcas dos pneus na pista) cujas dimensões equivalem a $d1$ e $d2$.

Figura 7- Figura demonstrativa do momento pós colisão



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Onde:

- a) $d1$: distância da frenagem do veículo 1;
- b) $d2$: distância da frenagem do veículo 2.

O Arduino emprega um sensor piezoelétrico para monitorar impactos, acionando um relé que interrompe o movimento do carrinho ao detectar uma colisão. Após o impacto, os carros robôs percorrem uma determinada distância até a parada completa, representadas por $d1$ e $d2$. Os alunos deverão medir essas distâncias de frenagem e registrar os valores no quadro a seguir.

Quadro 7 – Dimensão da frenagem

Veículo 1	$d1 =$
Veículo 2	$d2 =$

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Em seguida, calcula-se a velocidade dos veículos a partir das marcas de frenagem deixadas após a colisão. Quando o veículo desliza até parar completamente, a força responsável

pela desaceleração é a força de atrito entre os pneus e a superfície da pista. Essa força pode ser determinada pela relação:

$$(Equação 22): \quad F = \mu \cdot N$$

Onde:

- a) F: força de atrito;
- b) μ : coeficiente de atrito;
- c) N: força normal.

Essa relação demonstra que a intensidade da força de atrito depende das características das superfícies em contato e da força normal exercida sobre o corpo. No caso dos veículos, o atrito é fundamental para possibilitar a frenagem e reduzir a velocidade até a parada total.

A velocidade imediatamente antes da parada pode ser estimada utilizando a relação entre energia cinética e trabalho realizado pela força de atrito. Dessa forma, obtém-se a seguinte equação:

$$(Equação 23): \quad v^2 = 2 \cdot \mu \cdot g \cdot d$$

Em que:

- a) v: velocidade pós-colisão;
- b) μ : coeficiente de atrito;
- c) g: gravidade;
- d) d: distância.

Essa equação demonstra que a distância de parada após a frenagem depende diretamente do coeficiente de atrito e da velocidade do veículo antes da derrapagem. Assim, quanto maior for a velocidade inicial do veículo, maior será a distância necessária para que ele pare completamente. Da mesma forma, superfícies com menor coeficiente de atrito, como pistas molhadas ou escorregadias, aumentam significativamente a distância de frenagem, elevando os riscos de acidentes de trânsito.

A partir dessas relações, os estudantes podem analisar experimentalmente como fatores físicos, como velocidade, atrito e distância de frenagem, influenciam a dinâmica dos acidentes e a segurança no trânsito.

Veículo	Velocidade	$v^2 = 2 \cdot \mu \cdot g \cdot d$
1		
2		

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Questionário/perguntas geradoras

- a) é possível inverter a ordem de estudos, começando na seguinte ordem: trecho pós-colisão, trecho do momento da colisão e trecho antes da colisão?
- b) você é capaz de reconstruir o acidente? Alguma diferença no resultado?
- c) como a energia cinética de um veículo se transforma durante um acidente de trânsito? O que acontece com a energia no momento da colisão?
- d) como podemos usar a energia de forma mais eficiente no nosso dia a dia, levando em consideração os dispositivos de segurança no trânsito?

Material utilizado

- a) aparelho de projeção de vídeo;
- b) Arduino;
- c) fitas;
- d) cronômetros;
- e) trena;
- f) giz;
- g) dois carros de controle remoto (adaptados com Arduino).

Princípio de conservação da energia

O princípio da conservação da energia estabelece que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada em diferentes formas. No contexto dos acidentes de trânsito, isso significa que os veículos em movimento possuem energia, a qual não desaparece durante uma colisão, mas se transforma em outros tipos de energia.

Ao frear bruscamente um veículo, por exemplo, a energia cinética associada ao movimento transforma-se principalmente em energia térmica, produzida pelo sistema de frenagem e pelo atrito entre os pneus e a superfície da pista. Esse aquecimento decorre da

atuação das forças de atrito presentes no sistema de freios e no contato entre as rodas e o pavimento.

Em termos físicos, diz-se que a variação da energia cinética de um corpo é produzida pelo trabalho realizado pelas forças de atrito. Assim, o trabalho da força resultante sobre um corpo é igual à variação de sua energia cinética, relação expressa por:

$$\text{(Equação 24): } \Delta E_c = T$$

Essa relação evidencia que, quando um veículo reduz sua velocidade até parar, sua energia cinética diminui progressivamente até se tornar nula, sendo transformada em outras formas de energia.

Lembretes importantes

O trabalho realizado por uma força constante pode ser calculado pela expressão:

$$\text{(Equação 25): } W = F \cdot d \cdot \cos(\theta)$$

Quando a força atua na mesma direção e sentido do movimento, situação frequentemente abordada nos exemplos do ensino médio, o ângulo θ é igual a 0° , e o valor de $\cos(\theta) = 1$, simplificando a equação para:

$$\text{(Equação 26): } W = F \cdot d$$

Em situações de aceleração constante, características do Movimento Uniformemente Variado (MUV), utiliza-se a equação de Torricelli:

$$\text{(Equação 27): } v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot d$$

Além disso, a Segunda Lei de Newton estabelece que a força resultante sobre um corpo é dada por:

$$\text{(Equação 28): } F = m \cdot a$$

A partir dessas relações, é possível demonstrar matematicamente a equivalência entre trabalho e variação da energia cinética.

Passos da demonstração

1. Isola-se a aceleração na fórmula de Torricelli:

$$v^2 - v_0^2 = 2ad$$

2. Substitui-se essa aceleração na Segunda Lei de Newton:

$$F = m \cdot a = m(v^2 - v_0^2) / 2d$$

Agora multiplicam-se os dois lados por d, o deslocamento:

$$F \cdot d = m \cdot (v^2 - v_0^2) / 2$$

3. Note que o lado esquerdo é o trabalho W:

$$W = mv^2/2 - mv_0^2/2$$

4. Essa expressão demonstra que o trabalho realizado pela força resultante é igual à diferença entre a energia cinética final e a energia cinética inicial do corpo, ou seja:

$$W = Ec_{final} - Ec_{inicial} = \Delta Ec$$

Onde:

- a) $\Delta Ec = T$: variação (mudança) da energia cinética;
- b) T: trabalho efetuado pela força de atrito.

Dessa forma, conclui-se que a variação da energia cinética de um corpo corresponde ao trabalho realizado pelas forças atuantes sobre ele. No contexto dos acidentes de trânsito, essa relação permite compreender como a energia associada ao movimento dos veículos é transformada durante processos de frenagem e colisão, contribuindo para a análise da intensidade dos impactos e das distâncias de parada dos veículos.

3 CÓDIGO FONTE DO CARRO ROBÔ

Aqui são disponibilizados os códigos-fonte que foram utilizados para aquisição dos dados via Arduino. Eles foram testados e adaptados segundo a necessidade do experimento. De outro modo, estes códigos poderão ser adaptados.

Código

```
// Definindo pinos
const int sensorPin = A0; // Pino do sensor piezoelétrico
const int relePin = 12;   // Pino de controle do relé
const int threshold = 100; // Limite para detecção de colisão

void setup() {
  pinMode(sensorPin, INPUT); // Configura o sensor como entrada
  pinMode(relePin, OUTPUT);  // Configura o relé como saída
  // Inicializa o relé (ativo, carrinho ligado)
  digitalWrite(relePin, HIGH);
  Serial.begin(9600); // Inicializa monitor Serial
}

void loop() {
  int sensorValue = analogRead(sensorPin); // Lê o valor do sensor
  Serial.println(sensorValue);             // Monitoramento opcional
  // Verifica se o valor lido ultrapassa o limite
  if (sensorValue > threshold) {
    digitalWrite(relePin, LOW); // Desliga o relé (para o carrinho)
    delay(1000);                // Pausa de um segundo
  } else {
    digitalWrite(relePin, HIGH); // Liga o relé (carrinho ligado)
  }
}

// Função para exibir o tempo de colisão no monitor serial
void printCollisionTime(unsigned long timeInMillis) {
  float timeInSeconds = timeInMillis / 1000.0;
  Serial.print("Tempo até a colisão: ");
  Serial.print(timeInSeconds, 2);
}
```

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente produto didático buscou aproximar conceitos fundamentais da Física das experiências concretas no cotidiano estudantil, utilizando os acidentes de trânsito como contexto problematizador para o ensino de temas como Movimento, Atrito e Energia Cinética. Ao relacionar conteúdos científicos às situações reais, visava-se promover uma aprendizagem mais significativa, crítica e contextualizada.

A abordagem experimental com carros robôs controlados por Arduino possibilitou aos estudantes compreenderem, na prática, como diferentes variáveis físicas influenciam a dinâmica das colisões e a segurança no trânsito. A observação direta dos fenômenos, aliada à análise dos dados coletados durante as simulações, favoreceu o desenvolvimento de raciocínio científico, da investigação e da capacidade de interpretação de situações-problema.

Além da compreensão conceitual, a proposta contribuiu para reflexões sobre responsabilidade social, prevenção de acidentes e valorização da vida. Ainda, revelou aos estudantes que a Física não se restringe ao espaço escolar: conceitos físicos, como excesso de velocidade, infraestrutura pública, frenagem e conservação dos veículos, constituem ferramentas importantes para questionar e transformar a realidade.

Utilizou-se a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, que se revelou relevante por incentivar o diálogo entre os conhecimentos prévios dos estudantes e as formulações científicas, favorecendo uma postura ativa no processo ensino-aprendizagem. O primeiro momento, de problematização, despertou o interesse dos estudantes; o segundo, que sistematiza o conhecimento, permitiu a construção dos conceitos; e o terceiro momento articulou teoria e prática, a partir da aplicação do conhecimento.

Desse modo, a proposta evidencia o potencial das atividades investigativas e contextualizadas no ensino de Física, especialmente quando articuladas a temas socialmente relevantes, como a segurança no trânsito. Espera-se que esta sequência didática possa contribuir tanto para a melhoria da aprendizagem científica quanto para a formação de sujeitos mais críticos, conscientes e comprometidos com a preservação da vida no espaço coletivo.

REFERÊNCIAS

- BONFIM, D. D. S.; COSTA, P. C. F.; NASCIMENTO, W. J. A abordagem dos Três Momentos Pedagógicos no estudo de velocidade escalar média. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 1, p. 187-197, 2018.
- BRASIL. IPEA – Instituto de Pesquisas Aplicadas. Fórum Brasileiro de Segurança Pública (FBSP). Atlas da Violência 2025. Mortes no trânsito: 34.881 óbitos registrados em 2023, com taxa de 16,2 óbitos por 100 mil habitantes. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2025/05/atlas-violencia-2025.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2025.
- DELIZOICOV, Demétrio. Educação problematizadora: a experiência de Angicos. São Paulo: Cortez, 1982.
- DELIZOICOV, Demétrio. Conhecimento escolar e conhecimento científico. São Paulo: Cortez, 1983.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, J. André. Física. São Paulo: Cortez, 1991.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2007.
- FERREIRA, A. D.; GONÇALVES, F. L. Ensino de Física e Educação para o Trânsito: uma proposta interdisciplinar para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, p. 4311, 2014.
- FERRARI, M. Paulo Freire: o mentor da educação para a consciência. Nova Escola, 2008.
- FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. 1º Informe epidemiológico sobre a situação de saúde da juventude brasileira: violências e acidentes, dados de 2022-2023. 25 ago. 2025. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/direitos-humanos/noticia/2025-08/jovens-mulheres-e-negros-sofrem-mais-com-violencia-aponta-fiocruz>. Acesso em: 6 dez. 2025.
- FREIRE, Paulo. Pedagogia do oprimido. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FREIRE, Paulo. Educação como prática da liberdade. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 1.
- MATOS, R. I.; LENIR, B. Z. N. Física: diversificação de estratégias de ensino de ciências na reconstrução dialógica da ação/reflexão docente. *Revista Ensaio*, v. 15, n. 3, p. 163-179, set./dez. 2013.
- MOREIRA, M. P. C.; ROMEU, M. C.; ALVES, F. R. V.; SILVA, F. R. O. da. Contribuições do Arduino no Ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018.
- MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. 2. ed. ampl. São Paulo: E.P.U., 2019.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 199-215, set./dez. 2012.

NETO, O. N.; KLEINÜBING, R. *Dinâmica dos acidentes de trânsito*. Campinas: Millenium, 2012.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica v. 1: mecânica*. 5. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2013.

SLONGO, I. I. P.; DELIZOICOV, D. Teses e dissertações em ensino de biologia: uma análise histórico-epistemológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 275-296, 2010.

TERRAZZAN, E. A. *Perspectivas para a inserção da física moderna na escola média*. 1994. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

UREL, D. E. Paulo Freire e os três momentos pedagógicos. *Scientia Naturalis*, Rio Branco, v. 4, n. 1, p. 49-59, 2022.

VIZZOTTO, P. A.; MACKEDANZ, L. F. A compreensão da Física aplicada ao trânsito na perspectiva de egressos do ensino médio, alunos de cursos de primeira habilitação. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, p. 4311, 2014.

VIZZOTTO, P. A.; MACKEDANZ, L. F.; MIRANDA, A. C. D. Física aplicada ao trânsito: uma revisão de literatura. *Revista THEMA*, v. 14, n. 2, p. 137-163, 2016.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

YOUNG, H. D. *Física I: mecânica*. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.