

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

The Issue of Traffic Accidents as a Context for Physics Teaching: A Didactic Sequence Based on the Three Pedagogical Moments using Arduino

Raimundo Alves Bezerra (raialvesbezerra@hotmail.com)

Rafael Castelo Guedes Martins (rcastelo@ufersa.edu.br)

Erlania Lima de Oliveira (erlania@ufersa.edu.br)

Luís Davi da Silva Medeiros (luis.medeiros63956@alunos.ufersa.edu.br)

Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

Av. Francisco Mota, 572 – Bairro Costa e Silva, Mossoró-RN, CEP 59.625-900

Recebido em: 03/03/2026

Aceito em: 04/09/2026

Resumo

Os elevados índices de acidentes de trânsito no Brasil configuram um grave problema social e de saúde pública, demandando estratégias educacionais que promovam não apenas a aprendizagem conceitual, mas também a formação cidadã e a tomada de decisões responsáveis. Nesse contexto, o trânsito é adotado como tema contextualizador e como campo legítimo de aplicação do conhecimento científico, permitindo articular conceitos físicos a situações reais do cotidiano. Este artigo apresenta uma proposta didática para o ensino de Física no Ensino Médio, fundamentada no uso de carros robôs programados com Arduino e articulada à metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, inspirada em Paulo Freire. A intervenção foi desenvolvida com 45 estudantes da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública do Ceará, com o objetivo de promover a aprendizagem significativa de conceitos diretamente relacionados à dinâmica dos acidentes de trânsito, como velocidade, aceleração, força, atrito, quantidade de movimento e energia. A sequência didática, organizada em quatro aulas experimentais, envolveu simulações controladas de acidentes com carrinhos robôs, análise de dados experimentais e problematização de situações reais vivenciadas pelos estudantes. A coleta de dados ocorreu por meio de questionários, observação participante e registros das atividades, possibilitando avaliar tanto a aprendizagem conceitual quanto o desenvolvimento da consciência crítica. Os resultados indicam que o uso do Arduino, associado a uma abordagem pedagógica dialógica e investigativa, favorece a compreensão de conceitos abstratos, desperta o interesse dos estudantes e fortalece a articulação entre conhecimento científico e questões sociais, especialmente a segurança no trânsito. Ademais, as atividades experimentais contribuíram para o engajamento, a autonomia investigativa e a construção de atitudes preventivas, evidenciando o potencial da proposta como estratégia eficaz para o ensino de Física contextualizado, integrando tecnologia, experimentação e formação cidadã no âmbito da educação científica.

Palavras-chave: Ensino de Física; Arduino; Trânsito; Três Momentos Pedagógicos; Paulo Freire.

Abstract

The high rates of traffic accidents in Brazil constitute a serious social and public health problem, requiring educational strategies that promote not only conceptual learning but also civic education and responsible decision-making. In this context, traffic is adopted both as a contextualizing theme

and as a legitimate field for the application of scientific knowledge, enabling the articulation of physical concepts with real-life situations. This article presents a didactic proposal for teaching Physics in high school, based on the use of Arduino-programmed robotic cars and articulated with the Three Pedagogical Moments methodology, inspired by Paulo Freire. The intervention was carried out with 45 students from the third year of high school at a public school in the state of Ceará, aiming to promote meaningful learning of concepts directly related to the dynamics of traffic accidents, such as speed, acceleration, force, friction, momentum, and energy. The didactic sequence, organized into four experimental classes, involved controlled accident simulations using robotic cars, experimental data analysis, and the problematization of real situations experienced by the students. Data were collected through questionnaires, participant observation, and activity records, allowing the evaluation of both conceptual learning and the development of critical awareness. The results indicate that the use of Arduino, combined with a dialogical and investigative pedagogical approach, enhances the understanding of abstract concepts, stimulates student interest, and strengthens the connection between scientific knowledge and social issues, particularly traffic safety. Furthermore, the experimental activities contributed to student engagement, investigative autonomy, and the construction of preventive attitudes, highlighting the potential of this proposal as an effective strategy for contextualized Physics teaching that integrates technology, experimentation, and civic education within science education.

Keywords: Physics Teaching; Arduino; Traffic; Pedagogical Moments; Paulo Freire.

1 Introdução

Os acidentes de trânsito configuram-se como um grave problema social e de saúde pública em escala mundial. De acordo com o mais recente Relatório de Situação Global sobre Segurança Viária da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2023), embora tenha havido uma leve redução, o número de mortes anuais permanece alarmante, atingindo cerca de 1,19 milhão de pessoas. O relatório destaca que o trânsito continua sendo a principal causa de morte entre crianças e jovens de 5 a 29 anos, sendo que mais da metade das vítimas são usuários vulneráveis, como pedestres, ciclistas e motociclistas.

No contexto brasileiro, essa problemática também se manifesta de forma expressiva, uma vez que 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.

Considerando a magnitude dos impactos associados aos acidentes de trânsito, torna-se urgente a formação de condutores capazes de compreender e mobilizar conhecimentos que fundamentem decisões seguras no trânsito. No entanto, estudos indicam que egressos do ensino médio e alunos de cursos de primeira habilitação, apresentam dificuldades na aplicação desses conceitos em situações práticas, como colisões e frenagens, o que evidencia não apenas lacunas conceituais, mas, sobretudo, limitações de um ensino de Física ainda pouco contextualizado e insuficientemente articulado às demandas sociais (VIZZOTTO; MACKEDANZ, 2017).

Esse cenário não é isolado. Uma revisão da literatura nacional sobre Física aplicada ao trânsito, com base em publicações entre 2005 e 2016, corrobora esse diagnóstico ao evidenciar uma convergência entre os estudos quanto à importância da educação para o trânsito ao longo da Educação Básica, ao uso de recursos tecnológicos, à adoção de abordagens interdisciplinares e à contextualização do ensino. Ao mesmo tempo, essa revisão aponta a escassez de pesquisas na área,

revelando um descompasso entre o ensino de Física e as demandas sociais (VIZZOTTO; MACKEDANZ; MIRANDA, 2017).

A partir dessas evidências, o trânsito revela-se um tema socialmente relevante e de elevado potencial pedagógico para o ensino de Física, por favorecer a articulação entre conceitos científicos e a experiência cotidiana dos estudantes. Nesse sentido, Vizzotto (2014), destaca 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.

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. 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 et al., 2019).

Com base nesse cenário, propõe-se o desenvolvimento de um carro robô programado com Arduino como instrumento didático para o ensino da Física aplicada ao trânsito. Dotado de sensores para a medição de grandezas físicas, o protótipo permite que conceitos da Mecânica deixem de ser tratados apenas de forma abstrata e passem a ser explorados por meio de experimentação orientada, análise de dados e interpretação de resultados. Nesse contexto, os estudantes são levados a investigar, em situações controladas, como diferentes variáveis físicas influenciam o movimento veicular. Além disso, ao trazer o trânsito para o centro da discussão em sala de aula, a proposta reforça o papel social do ensino de Física, contribuindo para a formação de sujeitos mais conscientes, capazes de compreender os riscos envolvidos nas situações cotidianas e de tomar decisões mais seguras.

2 Referencial Teórico

2.1 Perspectiva Freireana e os Três Momentos Pedagógicos

Apesar das diversas reformulações do sistema educacional brasileiro, promover um ensino capaz de despertar o interesse e o engajamento dos estudantes, continua sendo um dos maiores desafios da escola contemporânea. Nesse contexto, torna-se essencial compreender como as concepções pedagógicas fundamentam as práticas docentes e contribuem para a construção de propostas de aprendizagem mais contextualizadas 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 explica o autor, busca sistematizar aspectos do processo educativo, articulando experiências, reflexões e princípios em um método coerente.

Entre as abordagens que contribuem para a compreensão do desenvolvimento educacional no contexto brasileiro, destaca-se a pedagogia de Paulo Freire, cuja perspectiva estabelece uma forte relação entre conhecimento, contexto social e transformação da realidade. Em *Pedagogia do Oprimido* (1987), Freire Em *Pedagogia do Oprimido* (1987), Paulo Freire propõe a Investigação Temática e o uso de temas geradores como formas de aproximar a aprendizagem da vivência concreta dos educandos, favorecendo o diálogo crítico e a problematização da realidade.

Esse processo tem como ponto de partida as experiências dos educandos, a partir das quais são identificados temas do cotidiano que orientam o trabalho pedagógico. Esses temas constituem o eixo organizador do trabalho pedagógico, orientando a seleção e a abordagem dos conteúdos escolares em uma perspectiva dialógica e problematizadora. Para Freire, o ensino não deve dissociar-se da vida social, mas apresentar a realidade como um problema a ser compreendido criticamente e transformado de forma consciente. Tal concepção rompe com práticas educativas de caráter meramente transmissivo, ao valorizar os saberes construídos na experiência social como ponto de partida para a aprendizagem escolar.

Nessa perspectiva, a problematização das experiências cotidianas assume papel central no processo educativo, ao promover o diálogo e criar condições efetivas para a construção de um conhecimento científico significativo. Mais do que isso, possibilita ao estudante ultrapassar a compreensão superficial dos fenômenos, avançando na análise de suas causas, relações e implicações, o que fortalece uma formação crítica e reflexiva (GASPARIN, 2009; LIBÂNEO, 1994).

A partir da pedagogia freiriana, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007) desenvolveram, no Brasil, a abordagem dos Três Momentos Pedagógicos, transpondo a concepção crítica de Paulo Freire para o ensino de Ciências na educação formal. Trata-se de uma proposta que ressignifica a prática docente ao orientar o ensino pela problematização da realidade e pela construção coletiva do conhecimento.

Essa abordagem organiza o processo de ensino em etapas articuladas, superando a fragmentação dos conteúdos e a centralidade da transmissão, ao favorecer a participação ativa dos estudantes. Ao incorporar princípios dialógicos e problematizadores, contribui para um ensino mais contextualizado, aproximando os conceitos científicos do cotidiano e fortalecendo a formação crítica.

Os Três Momentos Pedagógicos podem ser assim caracterizados:

1. **Investigação Inicial** – apresentam-se questões ou situações reais que fazem parte do cotidiano dos estudantes e que se relacionam diretamente com o tema em estudo. Nesse momento, os estudantes são estimulados a expressar suas ideias, percepções e explicações preliminares, permitindo ao professor identificar seus conhecimentos prévios e concepções espontâneas. Segundo Urel (2022), a problematização é fundamental na perspectiva freiriana, pois, ao confrontar o aluno com diferentes interpretações das situações discutidas, desperta sua curiosidade, provoca o estranhamento inicial e fomenta a conscientização crítica. Essa etapa é essencial para motivá-lo a buscar novos conhecimentos, estimulando a reflexão sobre sua própria realidade.
2. **Organização do Conhecimento** – o docente sistematiza e aprofunda os conceitos científicos necessários à compreensão das problemáticas levantadas. A partir das questões emergentes, são introduzidos e discutidos conceitos de mecânica, como velocidade, aceleração, força,

momento linear e energia. Essa etapa deve ocorrer de forma dialógica, relacionando os conteúdos às experiências dos estudantes e incentivando-os a aplicar os conceitos ao contexto dos acidentes de trânsito. O objetivo é garantir que a construção teórica seja acompanhada de significado, conectando ciência e realidade.

3. **Aplicação do Conhecimento** – os estudantes são convidados a utilizar 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 mobilizados em diferentes contextos. Assim, reforça-se uma aprendizagem ativa e reflexiva, na qual o estudante conecta a teoria científica às situações cotidianas, tornando o aprendizado mais significativo e relevante para sua formação.

Essa organização constitui um referencial teórico-metodológico consistente para orientar práticas educativas que buscam promover um ensino dialógico e contextualizado, favorecendo a articulação entre ciência, cotidiano e formação crítica. Tal abordagem sustenta, portanto, as escolhas pedagógicas adotadas neste trabalho e fundamenta o desenvolvimento da proposta didática apresentada, assegurando coerência entre os pressupostos teóricos e a prática educativa.

2.2 Arduino como recurso didático

Diante da necessidade de articular os conceitos físicos à experiência cotidiana dos estudantes, tem crescido o uso de tecnologias educacionais emergentes, que oferecem alternativas pedagógicas viáveis fundamentadas em sistemas de aquisição de dados de baixo custo e em tecnologias livres, ampliando o acesso à experimentação científica no contexto escolar (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011). Nesse contexto, o Arduino se destaca como uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, capaz de controlar sensores, registrar dados em tempo real e reproduzir de forma controlada fenômenos físicos que, em situações reais, envolveriam riscos, custos elevados ou inviabilidade experimental no ambiente escolar. Seu uso favorece a integração entre teoria e prática, aproximando os conceitos físicos das situações concretas do cotidiano dos estudantes, enquanto estimula a criatividade e permite a realização de experimentos adaptáveis a diferentes realidades escolares (Dutra & Castilho, 2020).

Além disso, pesquisas desenvolvidas no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) evidenciam que a utilização do Arduino potencializa a formação continuada dos docentes, favorece o aprofundamento conceitual em Física e possibilita a adoção de metodologias de ensino apoiadas em tecnologias digitais e experimentação prática. Esses estudos demonstram que a plataforma amplia significativamente as possibilidades de experimentação em sala de aula, estimula abordagens investigativas e facilita a introdução de conteúdos contemporâneos, aproximando ainda mais os conceitos teóricos das experiências concretas dos estudantes (Silva, 2018; Bandeira, 2017).

Em consonância com essas perspectivas, o presente estudo utilizou o Arduino como recurso didático na construção de dois 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 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.

3 Metodologia

Para a operacionalização desta proposta, optou-se por uma abordagem qualitativa do tipo pesquisa-ação, realizada em uma escola pública do município de Russas - CE, na Escola Estadual Manoel Matoso Filho, envolvendo 45 estudantes da 3ª série do Ensino Médio, com aulas de 50 minutos cada, seguindo rigorosamente o ciclo dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), o que permitiu articular a teoria física à prática experimental de forma dialógica. A instituição apresenta características comuns à rede pública estadual, como elevado número de alunos por turma, escassez de recursos laboratoriais e heterogeneidade nos níveis de aprendizagem, aspectos que foram considerados no planejamento e na execução da proposta.

A estrutura do aparato experimental consistiu na montagem de dois protótipos robóticos idênticos, edificados sobre chassis de acrílico com tração em duas rodas (2WD) e equipados com motores DC com caixa de redução para garantir o torque necessário aos testes. O núcleo de processamento de ambos os sistemas é o microcontrolador Arduino Uno, que atua como a unidade de inteligência central. Para viabilizar a interação com o meio externo e a coleta de dados telemétricos, integrou-se o Sensor Ultrassônico HC-SR04, responsável por monitorar as distâncias e fornecer os parâmetros de entrada para a lógica de frenagem programada.

Este sensor funciona através da emissão de ondas sonoras de alta frequência que, ao colidirem com um obstáculo, retornam ao receptor. O Arduino calcula o tempo de ida e volta desse sinal para determinar a distância exata do objeto. No contexto desta pesquisa, o sensor foi programado para atuar como o "sistema de percepção" do veículo: ao detectar um obstáculo a uma distância de segurança pré-estabelecida, o código acionava o comando de frenagem dos motores.

O sistema envia, via Monitor Serial, o tempo exato entre a detecção do obstáculo (momento do "alerta") e a parada total do protótipo. De posse desse intervalo de tempo e da velocidade previamente programada nos motores, os estudantes puderam realizar o cálculo real da distância de frenagem e da desaceleração, confrontando os dados experimentais com as previsões teóricas das equações de Torricelli e da Segunda Lei de Newton.

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza aplicada e caráter intervencionista, uma vez que envolveu a implementação de uma sequência didática com o objetivo de promover mudanças no processo de ensino e aprendizagem de conceitos físicos contextualizados no trânsito. Esse tipo de abordagem é compatível com investigações educacionais que buscam compreender fenômenos pedagógicos a partir da prática docente e da realidade escolar.

- implementação das quatro aulas;
- registro e análise das interações;
- aplicação de questionários;
- sistematização dos resultados.

A sequência didática foi estruturada com base na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, contemplando, em cada aula, as etapas de investigação inicial, problematização e organização/aplicação do conhecimento. Os conteúdos foram distribuídos ao longo de quatro aulas temáticas, cujos objetivos, procedimentos e estratégias pedagógicas são apresentados a seguir, de

modo a evidenciar a articulação entre a teoria física, a prática experimental e a contextualização com situações reais do trânsito.

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 vídeo1: 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.
- 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 (motorista perde controle do carro por conta de pista molhada): apresentar o vídeo 4: https://www.youtube.com/shorts/YFM-3BDIY9c • 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. • Discutir que, ao frear, essa energia precisa ser dissipada, principalmente pelo trabalho da força de atrito. • 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 → energia quadruplicada → distância de frenagem muito maior. • Atrito baixo (chuva, óleo) → menor trabalho do atrito → 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. • Calcular o trabalho realizado pelo atrito (τ) e verificar a coerência com a distância percorrida. • Análise: • Relacionar maior velocidade → maior energia → mais distância para parar. • Relacionar atrito baixo → menor trabalho → 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.

Nesta proposta, o Arduino é empregado como controlador do sistema, sendo responsável pelo acionamento e interrupção do movimento de dois carrinhos utilizados na simulação de um acidente de trânsito. Cada carrinho é equipado com um sensor piezoelétrico (Figura 1), dispositivo capaz de converter o impacto mecânico da colisão em um sinal elétrico.

No instante da colisão, o sensor registra a variação de tensão gerada pelo impacto e transmite esse sinal ao Arduino, que o interpreta e realiza a interrupção automática do movimento dos carrinhos, caracterizando o evento de forma controlada e reproduzível.



Figura 1 - Carros robôs programados por Arduino. Fonte: Próprio autor.

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.

Essas simulações possibilitaram a coleta de dados físicos (tempo, distância, velocidade, aceleração e massa) e favoreceram a articulação entre teoria e prática. Como instrumentos de coleta de dados, foram utilizados:

- Perguntas geradoras orais, realizadas em sala de aula, com o objetivo de estimular a reflexão e a formulação de hipóteses;
- Observação participante, durante a qual o professor-pesquisador acompanhou o desenvolvimento das atividades, registrando aspectos relacionados ao engajamento, às interações e às estratégias de resolução mobilizadas pelos alunos;
- Registros fotográficos das atividades experimentais;
- Anotações sistemáticas do professor-pesquisador, contemplando falas, comportamentos e interações dos estudantes.

A aplicação da sequência didática constituiu uma oportunidade de investigar o entendimento e as percepções dos estudantes, considerando um contexto marcado por desafios no acesso à educação científica. As questões propostas contemplaram conceitos físicos relacionados aos acidentes de trânsito, articulados a aspectos preventivos e sociais, possibilitando uma análise integrada do processo de aprendizagem e do desenvolvimento da consciência crítica dos alunos.

4 Resultados e Discussão

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.

4.1 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 1. 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 1 - Concepções intuitivas dos estudantes.

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: Próprio autor.

A análise das respostas apresentadas no Quadro 1 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.

4.2 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 (Quadro 2), articulando a teoria às experiências cotidianas dos alunos e preparando-os para a fase experimental.

Quadro 2 - 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: Próprio autor.

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.

4.3 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 (Figura 2) 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 3).

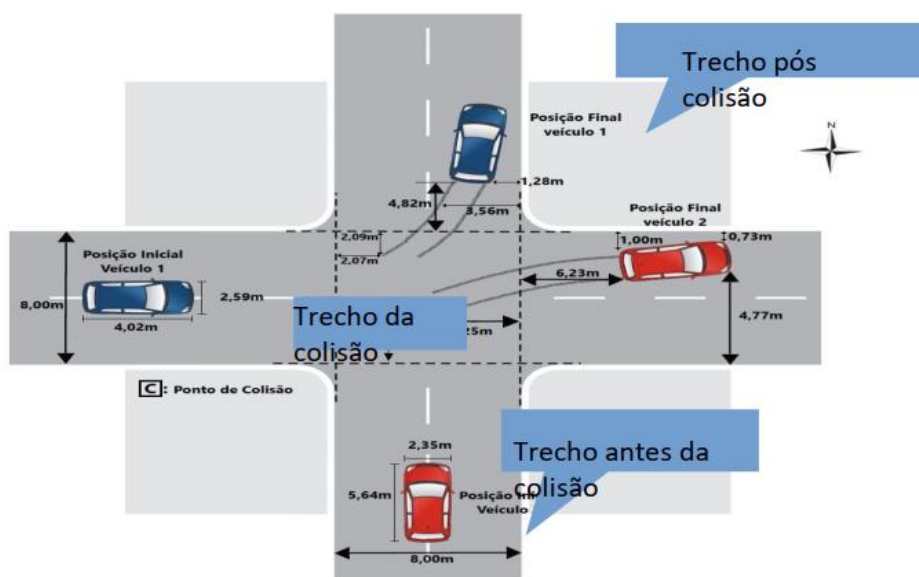


Figura 2 – Simulação do acidente de trânsito. Fonte: Próprio autor.



Figura 3 – Alunos posicionados para medição do tempo e posição da trajetória simulada. Fonte: Próprio autor.

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. Com base nas equações do movimento uniformemente variado (MRUV), determinaram-se as grandezas físicas apresentadas no Quadro 3. Os resultados obtidos encontram-se dispostos no referido quadro.

Quadro 3 – Dados coletados durante o experimento.

Posição	Tempo (cronômetro) (s)	Tempo (sensor) (s)	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: Próprio autor.

Os dados apresentados no Quadro 3, 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.

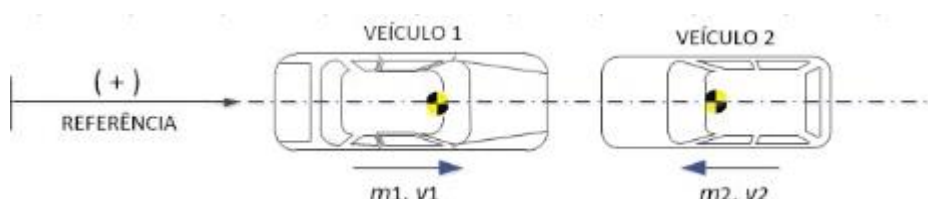
Do ponto de vista físico, os dados sugerem que, mesmo com a diminuição da aceleração, possivelmente associada a forças dissipativas, como o atrito, o carrinho mantém seu movimento, o que pode ser explicado pelo princípio da inércia. A variação da velocidade, ainda que pequena, reforça que o movimento 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 4, 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 ($Q = 4,00 \text{ kg.m/s}$) e após a colisão ($Q = 4,00 \text{ kg.m/s}$) apresentou valores equivalentes, indicando, em princípio, a conservação dessa grandeza física.

Quadro 4 - Quadro das velocidades e quantidade de movimento, antes e depois da colisão.



	Antes	Depois
Velocidade Veículo 1 (m/s)	8,00	10,0
Velocidade Veículo 2 (m/s)	8,00	6,00
Quantidade de movimento (kg.m/s)	4,00	4,00

Fonte: Próprio autor.

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 Conclusões

A proposta pedagógica desenvolvida evidenciou que a articulação entre situações reais do trânsito, a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos e o uso de carrinhos robôs programados com Arduino favorece o engajamento dos estudantes e a atribuição de significado aos conceitos da Física. Ao partir da realidade concreta dos alunos, a sequência didática contribuiu para aproximar conteúdos tradicionalmente abstratos de experiências cotidianas, promovendo maior interesse e participação nas atividades.

Os resultados indicam avanços na compreensão conceitual, especialmente na passagem de explicações intuitivas para interpretações apoiadas em modelos físicos relacionados ao movimento, à energia, ao atrito e às forças de interação. A experimentação e a coleta de dados possibilitaram aos estudantes utilizar o conhecimento científico como ferramenta de análise da realidade, fortalecendo a aprendizagem significativa.

A metodologia dos Três Momentos Pedagógicos mostrou-se adequada para estruturar esse processo, ao mobilizar concepções prévias, organizar o conhecimento científico e favorecer sua aplicação em contextos socialmente relevantes. Observou-se também maior envolvimento de estudantes que inicialmente apresentavam dificuldades em Física, evidenciando o potencial inclusivo da abordagem.

Apesar dos resultados positivos, a pesquisa revelou limitações relacionadas à infraestrutura escolar, à disponibilidade de recursos materiais e ao tempo didático, além dos desafios na mediação de conceitos mais abstratos. Tais aspectos reforçam a necessidade de planejamento cuidadoso e de políticas que ampliem o acesso a recursos experimentais nas escolas públicas.

De modo geral, o estudo confirma que o ensino de Física contextualizado e mediado por tecnologias educacionais, como o Arduino, constitui uma estratégia promissora para a formação científica e cidadã, ao integrar ciência, tecnologia e responsabilidade social. Pesquisas futuras podem ampliar essa abordagem para outros conteúdos da Física e diferentes níveis de ensino, aprofundando a investigação sobre seus impactos.

6 Referências

BANDEIRA, Sergilanio Lima. *Aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio profissionalizante utilizando Arduino*. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 4 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciência da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2025.
- 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. 4503-4509, 2011.
- CAVASSANI, A. L. S.; ANDRADE, M. A. B. S.; MARQUES, R. N. Conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo e abordagem sociocultural: um olhar para a constituição da identidade de professores de Ciências e Biologia. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 24, p. e48967, p. 1-32, 2024.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Física**. São Paulo: Cortez, 1991.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- DUTRA, Marco Vinicius Gomes; CASTILHO, Weimar Silva. **Arduino para o Ensino de Física**. Belo Horizonte: Poisson, 2020. (Série Educar, v. 22).
- 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, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GASPARIN, João Luiz. **Uma didática para a pedagogia histórico-crítica**. 5. ed. Campinas: Autores Associados, 2009.
- KAMADA, Wilian. **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, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: E.P.U., 2019.
- MOREIRA, M. P. C. *et al.* 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. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p721>. Acesso em: 5 dez. 2025.
- NETO, Osvaldo Negrini; KLEINÜBING, Rodrigo. **Dinâmica dos acidentes de trânsito**. Campinas: Millenium, 2012.
- 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.

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, D. G. da; SOUZA, M. R.; KALHIL, J. B. O uso do Arduino na aprendizagem da Física mediado pela Educação STEAM. *Latin American Journal of Science Education*, v. 8, p. 12004, 2021.

SUS gastou R\$ 449 milhões com vítimas de acidentes de trânsito em 2024. *Grande Ponto*, 25 mar. 2025. Disponível em: <https://www.grandeponto.com.br/noticia/sus-gastou-r-449-milhoes-com-vitimas-de-acidentes-de-transito-em-2024>. Acesso em: 25 mar. 2026.

UREL, David Éverton. 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. 1, 2017.