



# DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR EM HTML PARA ENSINO DE COLISÕES MECÂNICAS

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF AN HTML SIMULATOR FOR TEACHING MECHANICAL COLLISIONS

ANDRÉ FERREIRA DA FONSECA<sup>1</sup>, TIBÉRIO MAGNO DE LIMA ALVES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal do Rio Grande do Norte.

---

## Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e aplicação de um simulador computacional de colisões mecânicas em HTML, resultado da aplicação de produto educacional pelo grupo de pesquisa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). O objetivo principal é auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de física para alunos do Ensino Médio. Inspirado nos três momentos pedagógicos de Demétrio Delizoicov, o simulador foi projetado para proporcionar uma experiência interativa e visualmente intuitiva, facilitando a compreensão dos conceitos de colisões mecânicas. Utilizando metodologia baseada em desenvolvimento web, o simulador foi construído em HTML e JavaScript, oferecendo uma plataforma acessível e fácil de usar para estudantes e professores. Os principais resultados incluem uma melhoria significativa na compreensão teórica dos alunos sobre fenômenos de colisão e aprimoramento das habilidades práticas na análise de diferentes tipos de colisões. Espera-se que este simulador contribua positivamente para o ensino de física, proporcionando uma ferramenta educacional inovadora que promove o aprendizado ativo e engajado. O impacto esperado inclui o aumento do interesse dos alunos por conceitos físicos complexos e o fortalecimento das competências necessárias para o desenvolvimento científico e tecnológico.

**Palavras-chave:** Simuladores computacionais. Ensino de Física. Colisões mecânicas.

---

## Abstract

*This work presents the development and application of a computational simulator of mechanical collisions in HTML, as a result of educational product application by the research group of the National Professional Master's in Physics Teaching (MNPEF). The main objective is to assist the teaching-learning process of physics for high school students. Inspired by Demétrio Delizoicov's three pedagogical moments, the simulator was designed to provide an interactive and visually intuitive experience, facilitating the understanding of mechanical collision concepts. Using a web development-based methodology, the simulator was built using HTML, and JavaScript, offering an accessible and user-friendly platform for students and teachers. The main results include a significant improvement in students' theoretical understanding of collision phenomena and enhancement of practical skills in analyzing different types of collisions. This simulator is expected to positively contribute to physics education by providing an innovative educational tool that promotes active and engaged learning. The expected impact includes increased student interest in complex physical concepts and the strengthening of skills necessary for scientific and technological development.*

**Keywords:** Computational simulators. Physics education. Mechanical collisions.

---

## I. INTRODUÇÃO

Em nosso cenário atual, dominado pela tecnologia, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) assumem uma importância determinante, fornecendo meios que simplificam a comunicação e a propagação de informações. Isso converge para um método de ensino que dá igual valor ao conteúdo e à maneira como ele é ensinado (CARVALHO; ARAGÃO, 2015). Especificamente, os simuladores computacionais se destacam como instrumentos úteis capazes de reproduzir cenários abstratos e complexos, tornando-os compreensíveis e acessíveis para os estudantes (FILHO, 2010).

Os benefícios dos simuladores no ensino das ciências são múltiplos: eles possibilitam a exploração de conceitos sem as limitações de um laboratório físico, reduzem custos associados a equipamentos especializados e mitigam riscos inerentes a experimentos práticos (FILHO, 2010). Além disso, estimulam o letramento visual dos alunos, habilidade cada vez mais essencial em um mundo onde a interpretação de imagens e símbolos gráficos se torna tão importante quanto a compreensão de textos (CARVALHO; ARAGÃO, 2015).

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver e implementar um simulador de colisões mecânicas, criado pelo grupo de pesquisa do MNPEF, polo IFRN. O simulador visa apoiar o processo de ensino-aprendizagem de conceitos fundamentais da mecânica, tais como impulso de força, momento linear e suas conservações, além de colisões mecânicas em uma e duas dimensões. A utilização desse simulador tem como objetivo oferecer uma experiência educacional enriquecida, permitindo que os alunos visualizem e manipulem diretamente os fenômenos estudados, potencializando a compreensão teórica com a prática virtual(FILHO, 2010; ABREU; FREITAS, 2017).

O simulador de colisões mecânicas será desenvolvido utilizando a linguagem JavaScript para HTML, permitindo sua integração com diferentes plataformas educacionais e acessibilidade via navegadores web. O desenvolvimento do simulador envolverá as seguintes etapas:

**Design e Desenvolvimento:** Criação da interface do usuário e implementação das funcionalidades do simulador.

**Validação e Testes:** Aplicação de testes para garantir a precisão das simulações e a usabilidade do sistema.

**Implementação em Sala de Aula:** Utilização do simulador em ambientes educacionais reais para avaliar seu impacto no aprendizado dos alunos.

Espera-se que o simulador desenvolvido contribua significativamente para o aprendizado dos conceitos de mecânica, oferecendo aos alunos uma ferramenta interativa e visual que complementa as aulas teóricas. Espera-se também que o simulador ajude a reduzir a lacuna entre teoria e prática, promovendo um entendimento mais profundo dos fenômenos físicos.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

### II.1. Impacto das tics no ambiente educacional

As tecnologias de informação e comunicação (REIS; LEITE; LEÃO, ) têm revolucionado o ambiente educacional, introduzindo ferramentas que transformam o processo ensino-aprendizagem em uma experiência mais dinâmica e adaptável. O uso estratégico dessas tecnologias em sala de aula é capaz de melhorar significativamente o engajamento e o desempenho dos alunos, fornecendo recursos visuais e interativos que complementam os métodos de ensino tradicionais. Em particular, os simuladores computacionais têm emergido como ferramentas pedagógicas valiosas, capazes de representar cenários complexos e abstratos de maneira acessível e compreensível (FILHO, 2010).

### II.2. O papel dos simuladores computacionais no ensino de física

O desenvolvimento de simuladores específicos para o ensino de conceitos físicos, como é o caso das colisões mecânicas, oferece uma possibilidade rica para explorar aspectos práticos de teorias que, de outra forma, seriam abstratas e desafiadoras para os estudantes. A pesquisa realizada por Danay Manzo Jaime e André Ary Leonel (2024) destaca a capacidade das simulações de expandir o poder de observação e compreensão dos alunos, apresentando conteúdos de forma atraente e facilitando a interação educativa (JAIME; LEONEL, 2024).

No contexto do ensino de Física, a utilização de simulações computacionais revela-se uma estratégia pedagógica fundamental. Conforme discutido por Josué Antunes, as simulações não apenas facilitam o entendimento de conceitos complexos por parte dos estudantes, mas também incentivam a interação e o engajamento ativo no processo de aprendizagem (MACÊDO; DICKMAN; ANDRADE, 2012). A capacidade de manipular variáveis e visualizar em tempo real os efeitos dessas alterações permite uma experiência de aprendizado dinâmica e adaptativa. Importante destacar, estas ferramentas proporcionam uma ponte entre a teoria e a prática, oferecendo uma compreensão mais concreta e aplicada

dos princípios físicos, o que é muitas vezes difícil de alcançar através de métodos de ensino mais tradicionais.

Além disso, a evolução da tecnologia tem permitido o desenvolvimento de simuladores cada vez mais sofisticados e realistas. Estes simuladores, muitas vezes baseados em realidade virtual ou aumentada, permitem aos alunos explorar cenários físicos complexos de uma maneira muito mais intuitiva e envolvente (NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002). Por exemplo, os alunos podem simular a trajetória de um projétil sob diferentes condições de vento e gravidade, ou visualizar as forças atuantes em um objeto em movimento. Estas experiências práticas podem ajudar a reforçar a compreensão dos conceitos teóricos e a desenvolver habilidades de resolução de problemas.

No entanto, é importante notar que, embora as simulações sejam uma ferramenta valiosa, elas não substituem completamente a necessidade de experimentação prática e aprendizado teórico (GUILLEMMO, 2016). As simulações são mais eficazes quando usadas em conjunto com outras estratégias de ensino, como aulas teóricas, experimentos práticos e discussões em grupo. Além disso, é essencial que os educadores estejam adequadamente treinados para usar estas ferramentas de forma eficaz e para orientar os alunos durante o processo de aprendizagem.

Em conclusão, as simulações computacionais são uma ferramenta poderosa para o ensino de Física, capaz de transformar conceitos abstratos em experiências concretas e envolventes. No entanto, seu uso deve ser complementado por outras estratégias de ensino para garantir uma compreensão completa e equilibrada dos princípios físicos. A educação é um campo em constante evolução, e é dever dos educadores explorar todas as ferramentas disponíveis para facilitar o processo de aprendizagem e inspirar a próxima geração de cientistas e engenheiros.

### II.3. Plataformas de simulação

O site *PhET Interactive Simulations*, desenvolvido pela Universidade do Colorado, é amplamente reconhecido como uma das principais plataformas de recursos educacionais digitais para o ensino de ciências e matemática. Este portal oferece uma vasta gama de simuladores interativos que abrangem diversos tópicos de Física, Química, Biologia, ciências da Terra, matemática e outras disciplinas. Os simuladores são projetados para serem intuitivos e engajadores, incentivando os estudantes a explorar e aprender conceitos científicos de maneira visual e interativa. O uso destas ferramentas pedagógicas pode facilitar a compreensão de conceitos complexos ao permitir manipulações e visualizações que seriam impossíveis em um laboratório tradicional (COLORADO, 2024).

O site de Walter Fendt é uma plataforma renomada que disponibiliza uma extensa variedade de simulações educativas focadas principalmente em Física. Estas simulações abrangem uma gama ampla de tópicos, desde mecânica básica até conceitos mais avançados em Física quântica e nuclear. Desenvolvidas para serem ferramentas intuitivas e detalhadas, as simulações de Fendt permitem aos estudantes visualizar e interagir com fenômenos físicos complexos, facilitando a compreensão e o aprendizado. Apreciadas por educadores e alunos ao redor do mundo, as simulações são projetadas para demonstrar princípios científicos de forma clara e eficiente, tornando-se essenciais para o ensino moderno de Física.

(FENDT, 2024).

No cenário das plataformas de simulação, a diversidade e a acessibilidade de recursos educacionais são fundamentais para a eficácia do aprendizado. Em particular, o site *PhET Interactive Simulations* destaca-se por sua abordagem inovadora no ensino de ciências, proporcionando uma plataforma rica em simulações que cobrem uma vasta gama de disciplinas. Essas ferramentas digitais sãometiculosamente desenhadas para serem interativas e envolventes, facilitando o entendimento de conceitos complexos através de manipulação e visualização direta. A capacidade de experimentar em um ambiente controlado e seguro adiciona uma dimensão valiosa à educação científica, permitindo aos alunos explorar e descobrir princípios científicos em tempo real. A inclusão de recursos como estes é uma estratégia pedagógica que responde às necessidades de um ambiente de aprendizagem dinâmico e adaptativo, crucial para o desenvolvimento de habilidades analíticas e de resolução de problemas em estudantes de todas as idades (MOURA, 2022).

#### II.4. Os três momentos pedagógicos de Demétrio Delizoicov

Este trabalho explora o potencial dos simuladores para proporcionar aos alunos uma experiência direta e interativa com os princípios físicos, potencializando a compreensão teórica através da prática virtual. A metodologia pedagógica empregada, baseada nos três momentos pedagógicos de Demétrio Delizoicov, enfoca a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação prática do conhecimento, estruturando um processo de aprendizagem que visa não apenas a transmissão de conteúdos, mas também o desenvolvimento de habilidades analíticas e críticas essenciais para a compreensão científica.

A metodologia de ensino empregada no desenvolvimento e aplicação do simulador de colisões mecânicas é fortemente influenciada pelos três “momentos pedagógicos” propostos por Demétrio Delizoicov. Esses momentos constituem uma abordagem didática que busca promover uma aprendizagem significativa através da problematização inicial, da organização do conhecimento e da aplicação do conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Inicialmente, os alunos são confrontados com um problema que desafia suas concepções prévias, seguido por uma fase de organização, onde novas informações são introduzidas e relacionadas com o problema inicial. Finalmente, a fase de aplicação permite que os alunos utilizem o conhecimento adquirido em novas situações, consolidando a aprendizagem. A utilização deste método pedagógico no contexto do simulador visa não apenas a transmissão de conteúdos de Física, mas também o desenvolvimento de habilidades analíticas e críticas essenciais para a compreensão científica (ABREU; FREITAS, 2017).

Neste sentido, a integração dos simuladores com a metodologia dos três momentos pedagógicos oferece uma oportunidade única para enriquecer o ensino de física. Por exemplo, ao abordar o conceito de colisões mecânicas através de simulações, os estudantes podem visualizar e manipular variáveis em tempo real, o que potencializa a problematização e a reflexão crítica sobre as leis da física envolvidas. Esta abordagem prática, conforme ressaltada por (BONFIM; COSTA; NASCIMENTO, 2018), facilita a compreensão dos conceitos ao permitir que os alunos “vejam” a física em ação, tornando o aprendizado mais concreto e conectado diretamente às suas experiências cotidianas. Assim, a simulação torna-se não apenas uma

ferramenta de visualização, mas um meio eficaz de engajamento, onde os alunos aplicam o conhecimento adquirido para explorar e resolver problemas complexos, promovendo um aprendizado mais profundo e duradouro.

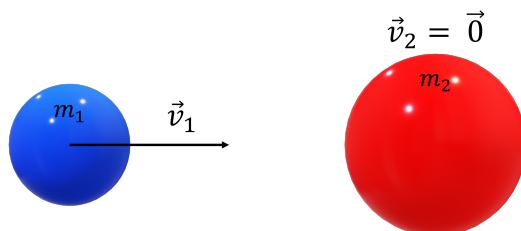
A partir dos estudos citados, percebemos como as tecnologias de informação e comunicação, em particular os simuladores computacionais, estão redefinindo as estratégias pedagógicas no ensino de Física. As plataformas como PhET e Walter Fendt, ao proporcionarem uma abordagem visual e interativa para o estudo de conceitos físicos, demonstram uma capacidade singular de engajar os alunos e enriquecer o processo de aprendizagem. Através da integração de métodos tradicionais com tecnologias avançadas, é possível não apenas ensinar novos conhecimentos, mas também desenvolver habilidades essenciais como pensamento crítico e capacidade analítica. Além disso, a aplicação de metodologias pedagógicas baseadas em problematização e aprendizagem significativa, conforme proposto por Delizoicov, enfatiza a importância de contextualizar o conhecimento científico, tornando-o mais relevante e acessível para os alunos. Assim, este trabalho reafirma a necessidade de continuar explorando e expandindo o uso de recursos educacionais digitais no ensino de ciências, visando preparar melhor os estudantes para os desafios do mundo moderno.

## II.5. Princípios de Mecânica

Esta seção é reservada para a dedução das equações do momento linear e energia mecânica, essenciais para a simulação computacional de colisões mecânicas.

### II.5.1. Colisões elásticas em uma dimensão

A Figura 1 ilustra a configuração inicial dos corpos antes da colisão, onde podemos observar que o projétil de massa  $m_1$  se aproxima do alvo estacionário cuja massa é  $m_2$ , com uma velocidade inicial  $\vec{v}_1$ . Após a colisão, como mostra a Figura 2, as massas se dispersam segundo as leis de conservação de momento e energia, levando a novas configurações de velocidade e direção. As velocidades após a colisão são representadas por  $\vec{v}_{1d}$  para o projétil e  $\vec{v}_{2d}$  para o alvo.



**Figura 1:** Corpos de massa  $m_1$  e  $m_2$  antes da colisão. Fonte: Autoria própria.

A energia cinética total e o momento linear são conservados na colisão, gerando as seguintes equações fundamentais:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_{1d}^2}{2} + \frac{m_2 v_{2d}^2}{2} \quad (1)$$

$$m_1 v_1 = m_1 v_{1d} + m_2 v_{2d} \quad (2)$$

Resolvendo as equações de conservação, obtemos as velocidades após a colisão:

$$v_{1d} = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2} v_1, \quad v_{2d} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 \quad (3)$$

### II.5.2. Casos especiais

Ao detalharmos as colisões elásticas em uma dimensão, estabelecemos as bases para compreender os efeitos das propriedades das massas envolvidas nos resultados pós-colisão. A seguir, abordaremos casos especiais que destacam como variações na relação de massa entre os corpos influenciam os resultados das colisões, ilustrando a versatilidade e complexidade das leis físicas em diferentes cenários.

- Massas iguais:  $v_{1d} = 0$  e  $v_{2d} = v_1$ .
- Alvo pesado:  $v_{1d} \approx -v_1$  e  $v_{2d} \approx \frac{2m_1}{m_2} v_1$ .
- Projétil pesado:  $v_{1d} \approx v_1$  e  $v_{2d} \approx 2v_1$ .

### II.5.3. Coeficiente de restituição

O coeficiente de restituição ( $e$ ) é uma medida da elasticidade de uma colisão entre dois corpos. Ele é definido como a razão entre a velocidade relativa de afastamento dos corpos após a colisão e a velocidade relativa de aproximação antes da colisão. Matematicamente, é expressado como:

$$e = \frac{\text{velocidade relativa de afastamento}}{\text{velocidade relativa de aproximação}} \quad (4)$$

O valor de  $e$  varia entre 0 e 1, onde  $e = 1$  corresponde a uma colisão perfeitamente elástica, em que não há perda de energia cinética, e  $e = 0$  corresponde a uma colisão perfeitamente inelástica, em que os corpos permanecem juntos após a colisão, resultando na máxima dissipação de energia cinética. Valores de  $e$  entre 0 e 1 indicam colisões parcialmente elásticas, onde há uma dissipação parcial de energia cinética.

### II.5.4. Colisões inelásticas e parcialmente elásticas

Após examinar como diferentes relações de massa afetam os resultados das colisões elásticas, é igualmente importante considerar situações onde as colisões não conservam energia cinética. Nas colisões inelásticas e parcialmente elásticas, a energia é transformada e dissipada de maneiras distintas, o que nos leva a considerar o papel do coeficiente de restituição na determinação das velocidades finais.

Nas colisões inelásticas, os corpos permanecem unidos, conservando o momento linear:

$$v_{2d} = \left( \frac{m_1}{m_1 + m_2} \right) v_1 \quad (5)$$

Na colisão parcialmente elástica, o coeficiente de restituição  $e$  define as velocidades finais:

$$v_{1d} = \left( \frac{m_1 - m_2 e}{m_1 + m_2} \right) v_1 \quad (6)$$

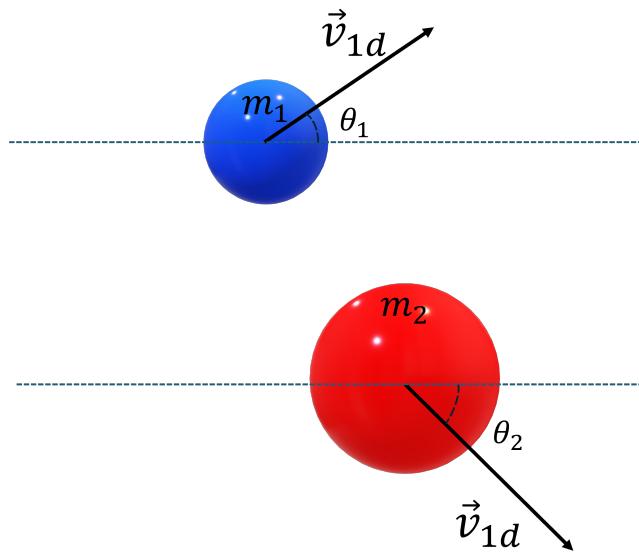
### II.5.5. Colisões elásticas bidimensionais

Também abordamos colisões onde os corpos se espalham em ângulos variados, com conservação de energia e momento. Para este caso, obtivemos que as velocidades finais dos corpos após a colisão que são dadas por:

$$v_{2d} = \frac{2m_1 \cos \theta_2}{m_1 + m_2} v_1 \quad (7)$$

$$v_{1d} = \sqrt{v_1^2 - \frac{m_2}{m_1} v_{2d}^2} \quad (8)$$

A figura abaixo mostra o espalhamento dos dois corpos de massa  $m_1$  e  $m_2$  após uma colisão bidimensional.



**Figura 2:** Espalhamento após colisão bidimensional. Fonte: Autoria própria.

A direção de espalhamento é determinada usando a lei dos senos:

$$\operatorname{sen} \theta_1 = \frac{m_2 v_{2d}}{m_1 v_{1d}} \operatorname{sen} \theta_2 \quad (9)$$

Exploramos os princípios que governam as colisões mecânicas em uma e duas dimensões.

Através da análise de colisões elásticas, inelásticas e parcialmente elásticas, destacamos como a conservação de momento e energia são fundamentais para entender a dinâmica após a colisão. As fórmulas e os casos especiais apresentados são importantes para estudantes e profissionais aplicarem esses conceitos em situações práticas de física. Concluímos com um entendimento da interação entre corpos em movimento, ressaltando a importância de uma abordagem rigorosa e metódica no estudo das leis de Newton em sistemas reais.

### III. METODOLOGIA

#### III.1. Desenvolvimento do simulador

O desenvolvimento do simulador de colisões mecânicas foi conduzido seguindo princípios de interatividade e letramento visual, com o objetivo de facilitar a operacionalização e visualização por parte dos estudantes. A escolha destes princípios está alinhada com a literatura atual que ressalta a importância da estética visual e da funcionalidade em ferramentas educacionais digitais (FILHO, 2010). Na figura abaixo temos a interface gráfica do simulador, destacando os controles interativos e a área de visualização das colisões.

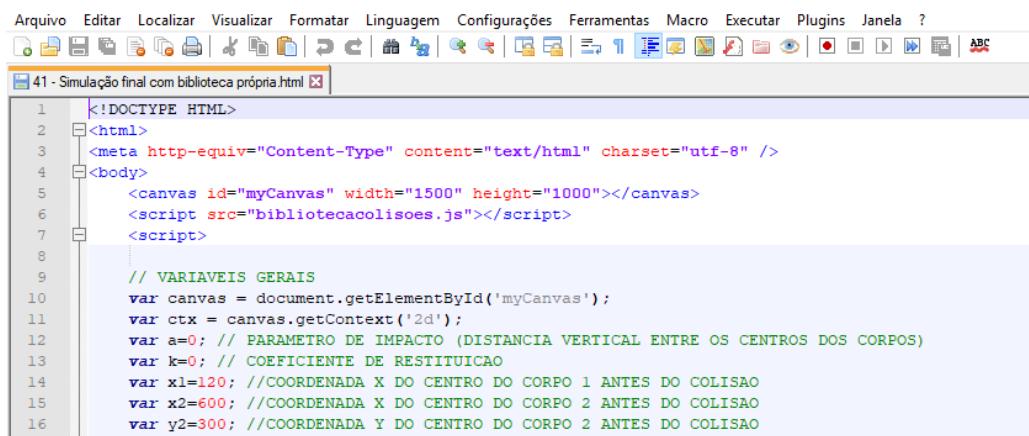


**Figura 3:** Interface do simulador de colisões mecânicas. Fonte: Autoria própria.

O simulador foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação JavaScript e HTML5, com a utilização do canvas para a renderização gráfica. Esta escolha permitiu a implementação de uma interface gráfica dinâmica e interativa, onde os alunos podem manipular variáveis e observar os resultados em tempo real. A utilização de JavaScript e HTML5 está fundamentada em sua ampla adoção para aplicações educacionais web-based, permitindo a fácil acessibilidade e compatibilidade entre diferentes dispositivos e navegadores (FILHO, 2010).

As equações deduzidas para colisões elásticas e inelásticas foram implementadas na programação do simulador utilizando JavaScript. Essa abordagem permite que os conceitos físicos sejam visualizados de forma dinâmica e interativa, oferecendo aos estudantes uma ferramenta prática para explorar as complexidades das colisões mecânicas em tempo

real. As funções específicas foram escritas com base nas relações matemáticas estabelecidas, assegurando que os resultados das simulações estejam de acordo com as leis físicas envolvidas.



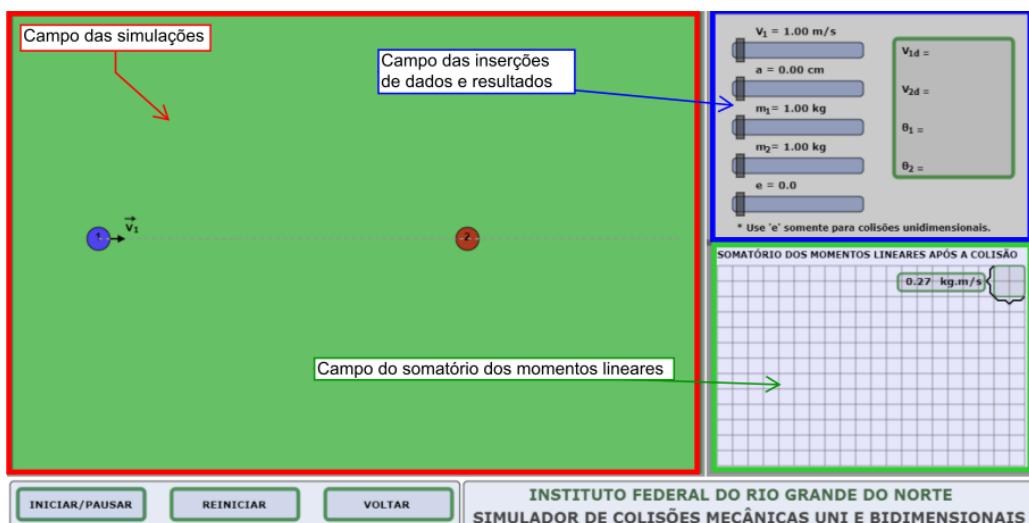
```

1 <!DOCTYPE HTML>
2 <html>
3 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html" charset="utf-8" />
4 <body>
5   <canvas id="myCanvas" width="1500" height="1000"></canvas>
6   <script src="bibliotecacolisoes.js"></script>
7   <script>
8
9     // VARIAVEIS GERAIS
10    var canvas = document.getElementById('myCanvas');
11    var ctx = canvas.getContext('2d');
12    var a=0; // PARAMETRO DE IMPACTO (DISTANCIA VERTICAL ENTRE OS CENTROS DOS CORPOS)
13    var k=0; // COEFICIENTE DE RESTITUICAO
14    var x1=120; //COORDENADA X DO CENTRO DO CORPO 1 ANTES DO COLISAO
15    var x2=600; //COORDENADA X DO CENTRO DO CORPO 2 ANTES DO COLISAO
16    var y2=300; //COORDENADA Y DO CENTRO DO CORPO 2 ANTES DO COLISAO

```

**Figura 4:** Ambiente de programação do simulador, exibindo o código em JavaScript utilizado para implementar as equações das colisões. Fonte: Autoria própria.

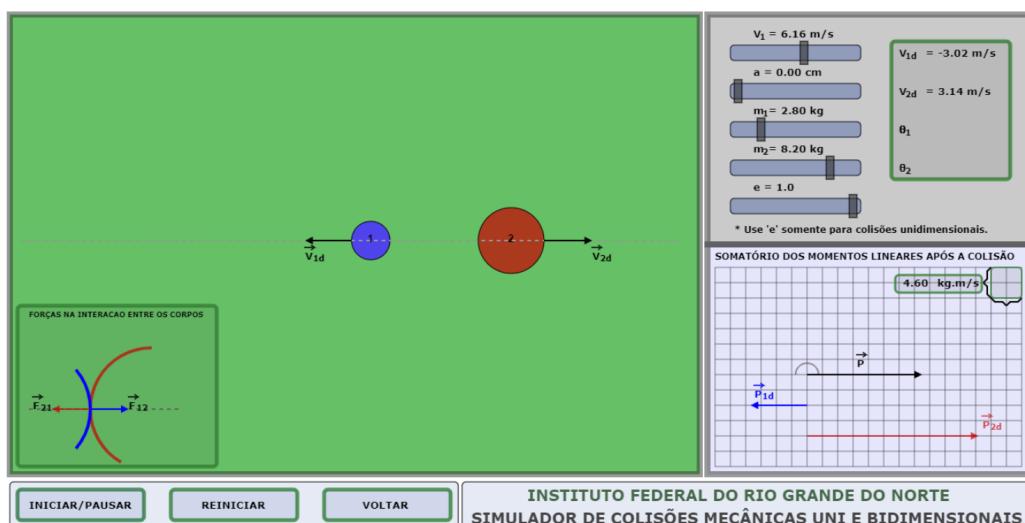
A estrutura do simulador foi dividida em três componentes principais: o campo de simulações, o campo de inserção de dados e resultados, e o campo do somatório dos momentos lineares após a colisão. Esta divisão foi pensada para facilitar a usabilidade e o entendimento por parte dos usuários, alinhando a interface do simulador às necessidades pedagógicas de ensino de Física no nível médio. Na figura 5 podemos analisar a divisão funcional da interface do simulador, com destaque para os diferentes campos de interação.



**Figura 5:** Campos funcionais do simulador de colisões mecânicas. Fonte: Autoria própria.

Para a validação da ferramenta desenvolvida, foram conduzidas simulações com alunos do Ensino Médio. As sessões de simulação permitiram aos alunos explorar diferentes tipos de colisões mecânicas, observando os princípios de conservação de momento e energia. A efetividade do simulador foi avaliada por meio de questionário aplicado depois

das sessões de simulação, visando compreender o entendimento dos conceitos físicos envolvidos. A figura 6 apresenta a tela do simulador durante uma simulação de colisão elástica unidimensional, mostrando os vetores de velocidade depois da colisão.



**Figura 6:** Colisão elástica unidimensional. Fonte: Autoria própria.

Os dados coletados foram analisados para avaliar a significância do impacto do uso do simulador no aprendizado dos alunos. Esta análise foi fundamental para determinar a eficácia do simulador como uma ferramenta de apoio ao ensino de Física. Para permitir uma interação direta e aprofundada com o simulador de colisões mecânicas, disponibilizamos a ferramenta online, acessível através do Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Este recurso online permite que os estudantes visualizem e manipulem parâmetros de colisões mecânicas em tempo real, facilitando o entendimento dos conceitos de conservação de momento e energia.

### III.2. Metodologia de ensino

A aplicação do simulador de colisões mecânicas no Ensino Médio foi conduzida utilizando um produto educacional que incluiu um roteiro detalhado para sua implementação em diferentes contextos de aprendizagem. Este roteiro serviu como guia para os educadores, fornecendo diretrizes claras sobre como empregar o simulador de maneira eficaz para enriquecer o processo de ensino e estimular o pensamento crítico dos alunos. A iniciativa visou integrar tecnologia educacional avançada ao ambiente de aprendizado, alinhando-se às tendências contemporâneas de incorporação de recursos digitais em práticas pedagógicas. No entanto, cada usuário, seja professor ou aluno, podem manipular o simulador sem necessariamente utilizarem um roteiro pré-definido, haja vista sua interface consideravelmente intuitiva.

Durante as sessões em sala de aula, os alunos utilizaram o simulador para explorar diversos tipos de colisões mecânicas, variando parâmetros como massa, velocidade e ângulos de impacto. Esta abordagem prática foi projetada para complementar o ensino teórico,

proporcionando aos alunos uma compreensão mais profunda dos princípios físicos em jogo (FILHO, 2010).

### III.3. Coleta e análise de dados

A eficácia do simulador como ferramenta educacional foi avaliada através de um estudo empírico, que utilizou metodologias quantitativas e qualitativas para coletar dados sobre o desempenho e as atitudes dos alunos. Antes e após a implementação do simulador, os alunos foram submetidos a testes para avaliar sua compreensão dos conceitos de Física envolvidos.

SIMULAÇÃO 2 – COLISÃO PARCIALMENTE ELÁSTICA UNIDIMENSIONAL

Realize uma simulação atribuindo valores para as massas dos corpos e velocidade do corpo 1. Insira o parâmetro de impacto  $a = 0$  (Para colisões unidimensionais) e atribua coeficiente de restituição  $0 < e < 1$ .

1) Qual o sentido do movimento dos corpos 1 e 2 após a colisão? \*

- Os dois corpos se deslocaram no mesmo sentido;
- Os dois corpos se deslocaram em sentidos opostos;
- O corpo 1 ficou parado e o corpo 2 adquiriu movimento para direita;
- O corpo 1 Inverteu o sentido do movimento inicial e o corpo 2 ficou parado;
- Os dois corpos ficaram unidos após a colisão.

**Figura 7:** Exemplo de questão utilizada no formulário da Google. Fonte: Autoria própria.

Além disso, questionários foram utilizados para coletar feedback dos alunos sobre a usabilidade do simulador e seu impacto no processo de aprendizagem. Os dados coletados por meio do Google Formulários permitiram uma avaliação direta da eficácia do simulador como ferramenta educacional.

### III.4. Acesso ao simulador

Para proporcionar uma experiência prática e interativa com o simulador de colisões mecânicas, disponibilizamos a ferramenta online, acessível a todos os interessados. O simulador foi desenvolvido para ser uma ferramenta educativa acessível e está disponível através do link: [www2.ifrn.edu.br/mnpef/ColSim.html](http://www2.ifrn.edu.br/mnpef/ColSim.html) (FONSECA, 2019). Encorajamos estudantes e educadores a utilizarem o simulador para explorar e compreender melhor os conceitos físicos de colisões mecânicas discutidos neste trabalho.

## IV. RESULTADOS

Este estudo foi aplicado a alunos do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), proporcionando resultados valiosos sobre o impacto do simulador de colisões mecânicas

no processo de aprendizagem. A análise dos resultados, como visualizado na Figura 8, demonstra a interação efetiva dos alunos com a ferramenta, refletindo um engajamento significativo e uma compreensão aprimorada dos conceitos físicos abordados.



**Figura 8:** Aplicação de atividade utilizando o simulador de colisões mecânicas. Fonte: Autoria própria.

#### IV.1. Resultados quantitativos

Simulação e Questão	Percentual de Respostas Corretas	Média de Acertos em Cada Simulação	Média de Acertos Total
<b>Simulação 1</b>	-	95,3%	
Questão 1	100,0%		
Questão 2	100,0%		
Questão 3	100,0%		
Questão 4	86,0%		
<b>Simulação 2</b>	-	82,3%	
Questão 1	79,0%		
Questão 2	64,0%		
Questão 3	100,0%		
Questão 4	86,0%		
<b>Simulação 3</b>	-	75,5%	80,6%
Questão 1	71,0%		
Questão 2	57,0%		
Questão 3	100,0%		
Questão 4	71,0%		
Questão 5	78,6%		
<b>Simulação 4</b>	-	69,4%	
Questão 1	50%		
Questão 2	57%		
Questão 3	-		
Questão 4	61%		
Questão 5	86%		
Questão 6	93%		

**Tabela 1:** Percentual de acertos das questões aplicadas. Fonte: Autoria própria.

Utilizamos o Google Formulários para estruturar as questões em um ambiente virtual, facilitando a coleta e análise de respostas dos alunos em relação às quatro simulações propostas. As questões abordaram problemas qualitativos e quantitativos sobre conservação

de energia cinética, conservação de momento linear e cálculo do coeficiente de restituição, além de exercícios contextualizados. Na tabela 1 acima, podemos visualizar os percentuais de acertos por cada questão, por simulação e percentual médio total da atividade.

A análise dos dados obtidos através das simulações propostas revela informações significativos sobre o entendimento dos alunos em relação aos conceitos físicos chave abordados. As simulações foram elaboradas para abordar diferentes aspectos da dinâmica das colisões, variando de colisões unidimensionais elásticas e parcialmente elásticas a colisões completamente inelásticas, assim como as elásticas bidimensionais. Os resultados quantitativos, como apresentados na tabela acima, indicam uma variação no grau de compreensão dos alunos, que é comentada nas subseções a seguir.

As primeiras questões de cada simulação foram apenas instruções para realização das colisões virtuais com valores escolhidos pelos próprios alunos. Não houve dificuldade por parte dos estudantes para dar início às simulações. A 4<sup>a</sup> questão da simulação 4 trata-se do cálculo do coeficiente de restituição e nesse ponto cometemos uma falha em não coletar os valores atribuídas pelos alunos para podermos corrigir.

## IV.1.1. Simulação 1 - colisão elástica unidimensional

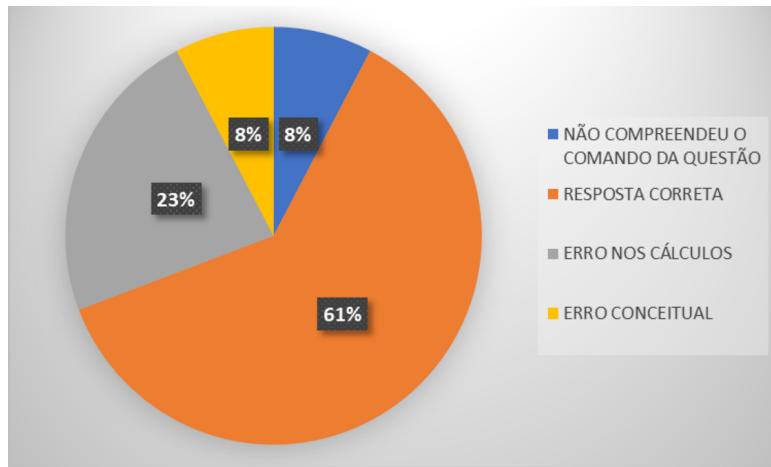
Os alunos demonstraram compreensão adequada da conservação de momento linear e energia cinética, com 100% de acertos nessas categorias, que corresponderam as questões 2 e 3. A capacidade de aplicar o coeficiente de restituição foi também avaliada, com a maioria dos alunos calculando valores consistentes com os esperados.

## IV.1.2. Simulação 2 - colisão parcialmente elástica unidimensional

Esta simulação explorou a aplicação do coeficiente de restituição em uma configuração que não é completamente elástica. Os resultados mostraram uma compreensão sólida dos conceitos de momento linear e energia, com cerca de 79% dos alunos acertando questões relacionadas ao momento linear e 64% nas questões de energia cinética.

## IV.1.3. Simulação 3 - colisão completamente inelástica unidimensional

Nesta simulação, onde os corpos permanecem unidos após a colisão, 100% dos alunos identificaram corretamente o fenômeno da colisão inelástica. A questão sobre a conservação do momento linear teve 71% de acertos, e a análise da energia cinética teve 57% de acertos, como se pode analisar na figura 9 logo abaixo.



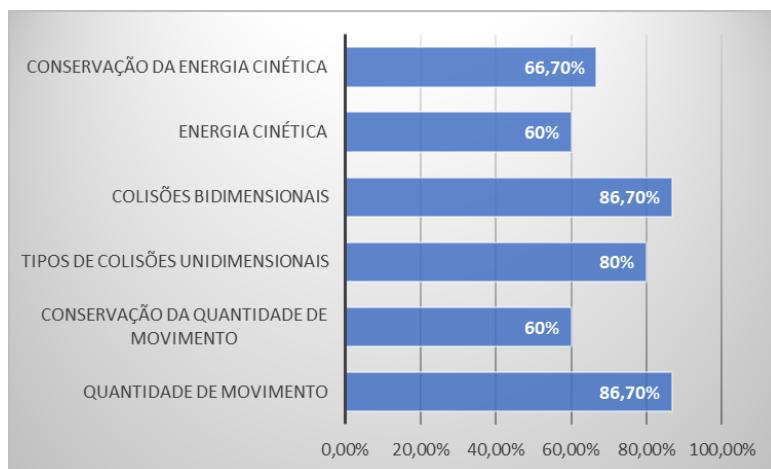
**Figura 9:** Exemplo de resultado da resolução das questões. Fonte: Autoria própria.

#### IV.1.4. Simulação 4 - colisão elástica bidimensional

A complexidade aumentou nesta simulação com a introdução de colisões bidimensionais. Os alunos lidaram bem com o conceito de conservação da energia cinética e momento linear, com mais de 50% de acertos em ambas as categorias. Este cenário também permitiu a visualização do espalhamento e a análise vetorial dos resultados da colisão.

#### IV.2. Resultados qualitativos

A pesquisa qualitativa realizada após a implementação das simulações indicou uma resposta positiva dos alunos em relação ao uso do simulador. Eles apreciaram a integração da tecnologia no aprendizado de conceitos físicos e sugeriram melhorias na usabilidade e na interface do simulador para facilitar a entrada de dados e a visualização dos resultados. Logo abaixo, vemos um gráfico que indicam, segundo os alunos, os melhores conceitos abordados em Física com a simulação.



**Figura 10:** Respostas dos alunos sobre os melhores conceitos de Física abordados na simulação. Fonte: Autoria própria.

A maioria dos alunos concordou que as simulações ajudaram a compreender melhor os conteúdos abordados e expressaram interesse em continuar utilizando ferramentas semelhantes em outros tópicos de Física. Conforme podemos observar na Tabela 2, diversas sugestões foram feitas pelos alunos a respeito do simulador utilizado. Estas sugestões são valiosas para futuras melhorias do software, garantindo uma experiência de aprendizado ainda mais eficaz e intuitiva.

O que você acrescentaria ou mudaria no simulador?	Sugestões e comentários gerais
Alterar a barra de mudança das grandezas, pois estava difícil de controlá-la. Além disso, adicionar os valores no gráfico de vetores.	Um bom simulador, que ajuda no aprendizado do aluno, com apenas algumas ressalvas na usabilidade.
Colocaria o espaço para inserir os valores, para complementar o controle deslizante.	Num geral o simulador funciona muito bem. Talvez fosse interessante aumentar os limites das grandezas e o tamanho da aba, para melhor visualização.
Eu não acrescentaria nada.	Eu achei a atividade muito boa, diferente, uma aula bem explicativa e prática.
O simulador é bem completo.	A interface desse simulador está bem bacana e com certeza é um instrumento que pode facilitar o aprendizado!
Não entendi muito bem a medição do quadriculado no gráfico de “somatória dos momentos lineares após a colisão”.	O simulador é bem prático para realizar e entender os tipos de colisões.

**Tabela 2:** Feedback dos alunos sobre o simulador. Fonte: Autoria própria.

Esses resultados sugerem que o simulador pode ter contribuído para aumentar o entendimento dos alunos sobre os conceitos físicos e motivado um engajamento mais ativo com o material do curso. Embora não tenha sido mensurado o conhecimento dos alunos antes e após a utilização do simulador, os dados coletados indicam uma resposta positiva dos alunos em relação à ferramenta, destacando seu potencial como uma ferramenta educacional valiosa. Para uma afirmação mais robusta sobre a eficácia do simulador, seriam necessários estudos adicionais que incluem medições do conhecimento pré e pós-uso.

## V. CONCLUSÕES

Este estudo apontou para a eficácia de um simulador de colisões mecânicas como ferramenta pedagógica no ensino de Física para estudantes do Ensino Médio. Através da aplicação de quatro diferentes simulações de colisões elásticas e inelásticas, tanto unidimensionais quanto bidimensionais, os alunos foram capazes de visualizar e analisar conceitos que são frequentemente considerados abstratos e desafiadores.

Os resultados quantitativos mostraram altos índices de acertos nas questões relacionadas à conservação de momento linear e energia cinética, indicando que o simulador facilitou a

compreensão desses conceitos fundamentais. Além disso, a habilidade de aplicar o coeficiente de restituição nas simulações demonstrou uma compreensão prática dos princípios físicos envolvidos, com uma performance consistente entre os alunos.

As respostas qualitativas reforçaram o valor percebido do simulador como uma adição enriquecedora ao currículo tradicional. Os alunos valorizaram a integração da tecnologia no aprendizado, destacando como a visualização e interatividade do simulador ajudaram a aprofundar seu entendimento e interesse pela Física. Sugestões de melhorias na interface e na funcionalidade do simulador fornecidas pelos alunos destacam oportunidades para aprimoramentos futuros, que poderão tornar a ferramenta ainda mais eficaz e amigável ao usuário.

Concluímos que o simulador de colisões mecânicas representa uma estratégia de ensino inovadora e efetiva, que não apenas aumenta o entendimento dos alunos sobre conceitos físicos importantes, mas também promove o envolvimento e a motivação para o aprendizado continuado em ciências. As futuras interações do simulador devem considerar a incorporação das sugestões dos alunos para melhorar a experiência de aprendizagem, bem como a expansão das simulações para abranger uma gama ainda maior de fenômenos físicos. A continuidade deste projeto tem o potencial de contribuir significativamente para a modernização dos métodos de ensino de Física, alinhando-os mais estreitamente com as necessidades educacionais do século XXI.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, J. B.; FREITAS, N. M. d. S. Proposições de inovação didática na perspectiva dos três momentos pedagógicos: tensões de um processo formativo. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 19, p. e2734, 2017. 47, 50
- BONFIM, D. D. S.; COSTA, P. C. F.; NASCIMENTO, W. J. do. 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. 50
- CARVALHO, S. A.; ARAGÃO, C. de O. Os caminhos do letramento visual: uma análise de material didático virtual. *Revista Estudos Anglo-Americanos*, n. 44, p. 9–34, 2015. 47
- COLORADO, U. do. *PhET Interactive Simulations*. 2024. Acesso em: 14 abr. 2024. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/filter?subjects=physics&type=html](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=physics&type=html)>. 49
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. [S.l.]: Cortez, 2002. 50
- FENDT, W. *Simulações de Física de Walter Fendt*. 2024. Acesso em 14 abr. 2024. Disponível em: <<https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/>>. 50
- FILHO, G. F. de S. *Simuladores computacionais para o ensino de física básica: uma discussão sobre produção e uso*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Dissertação de Mestrado. 47, 48, 54, 57

FONSECA, A. F. da. *Simulador de Colisões mecânicas em HTML*. 2019. Simulador desenvolvido como parte da dissertação para o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Acesso em 05 jul. 2024. Disponível em: <<https://www2.ifrn.edu.br/mnpef/ColSim.html>>. 57

GUILLERMO, O. E. P. *Uso de laboratórios virtuais de aprendizagem em mecânica dos fluidos e hidráulica na engenharia*. Tese (Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. 49

JAIME, D. M.; LEONEL, A. A. Uso de simulações: Um estudo sobre potencialidades e desafios apresentados pelas pesquisas da área de ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 46, p. e20230309, 2024. 48

MACÊDO, J. A. de; DICKMAN, A. G.; ANDRADE, I. S. F. de. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. especial 1, p. 562–613, 2012. 48

MOURA, M. A. *Evolução da abordagem do uso de simuladores computacionais na educação básica brasileira para o ensino de física*. Monografia (TCC) — Universidade Federal de Alagoas, 2022. 50

NETTO, A. V.; MACHADO, L. S.; OLIVEIRA, M. C. F. Realidade virtual-definições, dispositivos e aplicações. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica*, v. 2, n. 1, p. 1–29, 2002. 49

REIS, R. da S.; LEITE, B. S.; LEÃO, M. B. C. Apropriação das tecnologias da informação e comunicação no ensino de ciências: uma revisão sistemática da última década (2007-2016). *Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 15, n. 2, p. 1–10. 48

---