



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Antônio Rômulo Dantas Rodrigues

Desenvolvimento de simulador interativo para o ensino de física: um estudo
sobre lançamento de projéteis

PAU DOS FERROS

2024

Antônio Rômulo Dantas Rodrigues

Desenvolvimento de simulador interativo para o ensino de física: um estudo sobre lançamento de projéteis

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Sharon Dantas Da Cunha, Prof. Dr.

PAU DOS FERROS

2024

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

RR696 Rodrigues, Antônio Rômulo Dantas .
d Desenvolvimento de simulador interativo para o
ensino de física: um estudo sobre lançamento de
projéteis / Antônio Rômulo Dantas Rodrigues. -
2025.
60 f. : il.

Orientador: Sharon Dantas Da Cunha.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2025.

1. Simulador. 2. Ensino de física. 3. Movimento
de projéteis. I. Cunha, Sharon Dantas Da ,
orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).
Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

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

Antônio Rômulo Dantas Rodrigues

Desenvolvimento de simulador interativo para o ensino de física: um estudo sobre lançamento de projéteis

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 21/ 03 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 SHARON DANTAS DA CUNHA
Data: 28/03/2025 10:52:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Sharon Dantas Da Cunha, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 GLAYDSON FRANCISCO BARROS DE OLIVEIRA
Data: 28/03/2025 11:04:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Glaysdon Francisco Barros de Oliveira, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 KYTERIA SABINA LOPES DE FIGUEREDO
Data: 28/03/2025 10:30:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Kytéria Sabina Lopes de Figueredo, Profa. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

RESUMO

A tecnologia está cada vez mais presente em nosso cotidiano, e no ensino, as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) têm sido amplamente utilizadas por sua capacidade de motivar os alunos e aprimorar o aprendizado. Estudos demonstram que a experimentação pode reduzir a abstração presente em disciplinas como a Física. No entanto, muitas instituições não possuem laboratórios adequados, tornando essencial o uso de objetos de aprendizagem, como as simulações, para suprir essa lacuna. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um simulador virtual voltado para o ensino do lançamento de projéteis. Para analisar sua eficácia e usabilidade, foi aplicada uma sequência didática composta por pré-teste, teste e pós-teste em uma turma de alunos de um curso superior de Mecânica Clássica. Ao final, os estudantes avaliaram a ferramenta e sugeriram melhorias para a interface do simulador. Os resultados indicaram um avanço significativo na compreensão do movimento de projéteis, bem como das variáveis envolvidas no processo, tais como ângulo de lançamento, velocidade inicial e resistência do ar.

Palavras-chave: Simulador, Ensino de física, Movimento de projéteis.

ABSTRACT

Technology is increasingly present in our daily lives, and in education, Digital Information and Communication Technologies (DICT) have been widely used for their ability to engage students and enhance learning. Studies show that experimentation can reduce the abstraction present in subjects such as Physics. However, many institutions lack adequate laboratories, making the use of learning objects, such as simulations, essential to fill this gap. This study presents the development and evaluation of a simulator designed for teaching projectile motion. To analyze its effectiveness and usability, a didactic sequence was applied, consisting of a pre-test, test, and post-test in a group of students from a higher education course in Classical Mechanics. At the end of the process, students evaluated the tool and suggested improvements to the simulator's interface. The results indicated a significant improvement in the understanding of projectile motion, as well as the variables involved in the process, such as launch angle, initial velocity, and air resistance.

Keywords: Simulator, Physics education, Projectile motion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interface inicial do simulador	25
Figura 2 - Painel de controle	26
Figura 3 - Botões do simulador	26
Figura 4 - Interface do simulador após o primeiro lançamento	27
Figura 5 - Diagrama de Fluxo da Simulação	29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Utilização de simuladores no ensino de física	32
Gráfico 2 - Desempenho dos alunos na pergunta 2 do pré-teste	32
Gráfico 3 - Desempenho dos alunos na pergunta 3 do pré-teste	33
Gráfico 4 - Desempenho dos alunos na pergunta 4 do pré-teste	33
Gráfico 5 - Desempenho dos alunos na pergunta 9 do pré-teste	35
Gráfico 6 - Alteração nas Respostas do Pré-Teste Após o Uso do Simulador	37
Gráfico 7 - Influência das Variáveis na Trajetória do Projétil	37
Gráfico 8 - Uso do Simulador para Visualizar a Influencia das Variáveis	38
Gráfico 9 - Uso do Simulador na Compreensão do Movimento de Projéteis	38
Gráfico 10 - Ajuda do Simulador para Conectar Conceitos Teóricos e Práticos	39
Gráfico 11 - Manipulação das variáveis para entender o movimento dos projéteis. 39	
Gráfico 12 - Facilidade de Uso da Interface do Simulador	40
Gráfico 13 - Avaliação do Simulador	40
Gráfico 14 - Uso Mais Frequente do Simulador na Sala de Aula	41
Gráfico 15 - Comparação entre cálculos e resultados do simulador	41
Gráfico 16 - Opinião sobre o uso do simulador para verificar resultados	42

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVO GERAL	11
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2	REFERENCIAL TEORICO	12
2.1	TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	12
2.2	OBJETOS DE APRENDIZAGEM	13
2.3	USO DE SIMULADORES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA	16
2.4	MOVIMENTO DE PROJÉTEIS EM 2D.....	18
2.4.1	<i>Análise do movimento desconsiderando a força de atrito do ar</i>	<i>18</i>
2.4.2	<i>Análise do movimento considerando a força de atrito do ar</i>	<i>20</i>
3	METODOLOGIA.....	24
3.1	DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR	24
3.1.1	<i>Interface do simulador.....</i>	<i>25</i>
3.1.2	<i>Funcionamento do sistema</i>	<i>28</i>
3.2	ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	29
3.3	APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA	30
3.4	ANÁLISE DOS DADOS.....	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1	ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
4.1.1	<i>Pré-teste</i>	<i>31</i>
4.1.2	<i>Teste.....</i>	<i>35</i>
4.1.3	<i>Pós-teste.....</i>	<i>36</i>
4.2	FEEDBACK DOS ALUNOS	42
4.2.1	<i>Sugestões de melhorias.....</i>	<i>42</i>
4.2.2	<i>Sugestões de funcionalidades adicionais.....</i>	<i>42</i>
4.2.3	<i>Análise do uso do simulador e Aprendizagem.....</i>	<i>43</i>
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	45
	APÊNDICE 1.....	50
	APÊNDICE 2.....	45
	APÊNDICE 3.....	55

1 INTRODUÇÃO

As necessidades específicas de cada indivíduo fazem com que a aprendizagem seja um fenômeno complexo, exigindo estratégias e recursos múltiplos e variados. A física, como ciência fundamental, desempenha um papel crucial na interpretação dos fenômenos que permeiam nossa vida cotidiana, porém ainda é adotado na maioria das instituições de ensino, um ensino conteudista cuja prática pedagógica é centrada na “transmissão de conhecimentos” (MONTEIRO, 2016). Esta prática não produz bons resultados no aprendizado do aluno, e a mudança ocorre quando o aluno passa a ser mais ativo dentro e fora da sala de aula. O resultado é um aluno com um aprendizado mais sólido, capaz de coordenar os diferentes conhecimentos para resolver novas situações (BANDA e NZABAHIMANA, 2021). Ao longo dos anos, tem-se observado a necessidade de estratégias pedagógicas que vão além dos métodos tradicionais, buscando integrar tecnologia e aprendizado de forma sinérgica, e utilizar as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) é uma necessidade da sociedade atual, com potencialidade de modificar o processo de ensino e aprendizagem através de um ambiente mais dinâmico e interativo, fazendo com que os alunos fiquem mais motivados e menos entediados (MONTEIRO, 2016). Segundo Selmer et al. (2004), cientistas estimaram no século passado que o limite máximo de atenção de um jovem brasileiro em uma atividade específica é de 5 a 7 minutos, e embora os chamados objetos de aprendizagem, como simuladores, vídeos de experimentos e jogos, tenham se tornados disponíveis, o ensino tradicional muitas vezes subestima a plena integração dessas ferramentas inovadoras. Segundo Medeiros e Medeiros (2002), em razão da complexidade que o ensino de física traz, as simulações não se apresentam como uma solução definitiva, mas podem desempenhar um papel benéfico para essa aprendizagem, diminuindo a abstração presente nessa ciência, introduzindo uma experimentação rápida com resultados instantâneos através da manipulação das variáveis do fenômeno a ser analisado, diminuindo a lacuna entre a teoria e a prática. Diante desse desafio educacional, surge a proposta deste trabalho, desenvolver um simulador interativo para o ensino do lançamento de

projéteis, que permita aos alunos vivenciarem, de forma virtual, os princípios fundamentais associados a esse fenômeno físico, promovendo a compreensão e interpretação dos conceitos físicos, bem como uma melhor visualização, diminuindo a abstração presente nas aulas teóricas. Apesar desse conteúdo fazer parte da cinemática, estudo do movimento dos objetos sem se preocupar com as causas que o colocaram em movimento, é ser visto tanto no final do ensino fundamental 2 e nos primeiros anos do ensino médio, ainda existe lacunas de conhecimentos mesmo após ser abordado no ensino superior nas áreas de Engenharia e Ciências Exatas e Naturais nas disciplinas de física. Este trabalho apresenta as etapas da criação de um simulador interativo para o estudo do movimento de projéteis. Além disso, o simulador foi validado numa turma através de uma sequência didática, onde o mesmo foi bem avaliado. Os resultados mostram que o simulador provocou um impacto positivo na turma quando se compara os resultados do pré e pós-teste. Nesse contexto, a criação de um simulador interativo apresenta-se como uma ferramenta promissora, capaz de envolver os estudantes de maneira ativa através das inúmeras possibilidades que podem surgir ao variar os diferentes parâmetros disponíveis na simulação.

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um simulador interativo que facilite o ensino e a aprendizagem do conteúdo de lançamento de projéteis, promovendo a compreensão dos conceitos físicos envolvidos, a aplicação prática das equações do movimento e a visualização dinâmica das trajetórias, de maneira acessível e intuitiva.

1.2 Objetivos Específicos

- Criar uma interface intuitiva e acessível;
- Integrar conceitos teóricos de física no simulador;
- Aplicar uma sequência didática através de um pré-teste, teste e pós-teste para validar o simulador;

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

Segundo Da Silva (2020), as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) são basicamente a evolução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para o mundo digital, onde computadores e outros dispositivos digitais assumem um papel central na criação e no compartilhamento de informações. Dos Santos (2020) destaca que as TDICs, impulsionadas pela democratização da internet, facilitam a troca global de informações, tornando o ambiente educacional mais amplo e preparando os alunos para as habilidades exigidas no mundo contemporâneo.

Na sociedade atual, a escola precisa acompanhar os avanços científicos e tecnológicos, adaptando-se às mudanças econômicas e sociais, especialmente aquelas trazidas pelas TDIC. Lima (2015) destaca que a inserção das TDIC no contexto educacional se torna uma preocupação crescente, refletindo-se nas mudanças implementadas na educação, nas investigações e nos debates sobre a prática docente. Para Lima (2015), o desafio está em como os professores podem utilizar essas tecnologias como ferramentas para promover uma aprendizagem significativa, adaptando-se à nova realidade digital.

Schuartz (2020) fala que essas TDICs têm a capacidade de fazer com que as aulas fiquem mais dinâmicas, interativas e colaborativas em comparação com o ensino tradicional. No entanto, para integrá-las no ensino, é necessário repensar as práticas pedagógicas atuais, o que representa um desafio para os professores. Nesse sentido, Lima (2015) ressalta que a questão da teoria e prática ocupa um papel crucial, pois os professores como mediadores do conhecimento, devem refletir sobre a forma como integram as TDICs em suas práticas pedagógicas.

Lima (2015) também aponta que é essencial para os professores se atualizarem e desenvolverem competências que lhes permitam utilizar as tecnologias de forma eficaz em sala de aula, superando as resistências observadas em parte dos docentes que não foram suficientemente preparados durante sua formação inicial.

Essa tecnologia tem se mostrado essencial no ensino de Física, e segundo Godinho (2021), diversos artigos já comprovaram sua eficácia para essa aprendizagem. Godinho ainda destaca que, nos dias de hoje, a tecnologia é inevitável, estando presente ativamente no cotidiano das pessoas. O principal objetivo da utilização dessas ferramentas tecnológicas é motivar os alunos e aprimorar a dinâmica de aprendizado. Elas oferecem diversas maneiras de adquirir conhecimento, estimulando os alunos a absorverem o conteúdo de forma mais eficaz (Klein, 2020).

Com isso, essas ferramentas estão ganhando cada vez mais espaço na área de ensino, promovendo métodos que tornam a aprendizagem mais significativa. Por essa razão, o ensino tradicional está sendo considerado ineficaz, pois não acompanha essa revolução tecnológica (Araújo, 2021).

A educação precisa se adaptar à cibercultura, e para isso, é importante que a infraestrutura apoie o uso das TDICs no ensino. Além das questões materiais, como o acesso a tecnologias, o principal nesse processo de mudança na educação é a formação dos professores. O planejamento dos cursos de licenciatura precisa estar conectado com a ideia da cibercultura, reconhecendo o ciberespaço como um lugar de troca e criação de conhecimento em rede (Carvalho, 2018).

Dentro desse contexto, os professores precisam se familiarizar com os novos espaços e tempos educativos que o ciberespaço oferece. O uso das TDICs na educação apresenta desafios, como o acesso à tecnologia e a infraestrutura necessária, mas, mais importante, são as questões pedagógicas. Superando as dificuldades estruturais, o foco deve ser a adaptação das práticas de ensino para usar as tecnologias de forma eficiente, oferecendo aos alunos uma educação mais interativa e que atenda às necessidades atuais (Carvalho, 2018).

2.2 Objetos de aprendizagem

Os objetos de aprendizagem (OA) são ferramentas virtuais que ajudam no ensino, como vídeos, jogos, simuladores, quizzes, entre outros. Desse modo, Tarouco (2014) afirma que os OA são uma ferramenta útil para o ensino de diversos

conteúdos e revisão de conceitos, sendo sua eficácia dependente da metodologia utilizada.

Os simuladores são softwares que nos permitem replicar ou criar representações de situações reais ou abstratas dos fenômenos que desejamos estudar. As vantagens da aplicação desses softwares no meio educacional são diversas. Entre elas, está a possibilidade de reproduzir processos que são demasiadamente lentos ou perigosos para serem realizados no ambiente natural. Além disso, oferecem o controle das etapas para a observação dos fenômenos e contribuem para a redução dos custos envolvidos nos projetos (Greis, 2010). Esses softwares auxiliam os alunos na organização e interpretação de informações práticas por meio da interação com a tecnologia, sob a orientação do professor, tornando, assim, a aprendizagem mais significativa (Araújo, 2021).

No contexto atual, Bulegon (2014) destaca que, com o grande avanço tecnológico das últimas décadas, surgiram novos desafios no campo educacional. O governo brasileiro tem investido consideravelmente na equipagem das escolas com recursos tecnológicos, ao mesmo tempo em que é essencial capacitar os profissionais da educação para o uso desses recursos. A integração das Tecnologias de Informação e Comunicação como a internet e os softwares educacionais, tem ganhado destaque, tanto no ensino presencial quanto no ensino a distância, sendo considerada uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento do ensino e da aprendizagem.

As ferramentas computacionais, especialmente os softwares educacionais, são recursos pedagógicos com grande potencial para apoiar os processos de ensino. A utilização dos Objetos de Aprendizagem surge como uma das formas mais eficazes de promover o aprendizado por meio das TIC. Esses objetos são fundamentais para o suporte ao ensino e à aprendizagem, pois oferecem aos educadores diversas alternativas de recursos que podem ser integrados aos objetivos pedagógicos de maneira prática e eficiente.

A seleção adequada de um OA envolve uma análise criteriosa, pois cada objeto pode estar mais alinhado com diferentes enfoques teóricos de aprendizagem. Bulegon (2014) alerta que, muitas vezes, os próprios criadores dos OAs não têm plena consciência das teorias de aprendizagem subjacentes aos objetos, sendo essencial que o educador entenda as implicações teóricas para aplicar o OA de

forma eficaz. Por exemplo, no ensino de habilidades práticas, o uso de OAs pode ser mais eficaz sob a perspectiva do comportamentalismo, enquanto um projeto que promova a resolução de problemas se beneficia de uma abordagem cognitivista.

Nesse contexto, uma das principais referências para este trabalho é o Physics Educational Technology (PhET), criado em 2002 por Carl Wieman, premiado com o Nobel. O projeto PhET de Simulações Interativas da Universidade do Colorado Boulder desenvolve simulações gratuitas e interativas nas áreas de matemática e ciências (PhET, 2025). As simulações são desenvolvidas em HTML5, com algumas versões anteriores em Java ou Flash, podendo ser acessadas online ou baixadas para o computador. Atualmente, a plataforma contém cerca de 170 simulações, com mais de 1,5 bilhão de simulações executadas (PhET, 2025).

Serrano (2012) elaborou uma sequência didática que visa utilizar objetos de aprendizagem para auxiliar no ensino de conceitos de física. Inicialmente, é aplicado um pré-teste de resolução de problemas, onde os alunos são desafiados a resolver questões com base em seus conhecimentos prévios. O pré-teste é feito de forma individual e sem o auxílio de recursos tecnológicos.

Após o pré-teste, inicia-se a etapa instrucional. Os alunos são apresentados ao software, uma ferramenta que permite simular fenômenos físicos. Durante essa fase, os alunos trabalham resolvendo problemas e explorando o software para entender melhor os conceitos apresentados. O uso do simulador propicia uma aprendizagem ativa, em que os alunos podem interagir diretamente com os fenômenos, o que contribui para uma compreensão mais profunda e visual desses conceitos.

Na última etapa, após o uso do software e a realização da atividade, os alunos são submetidos a um pós-teste, onde devem resolver questões semelhantes às do pré-teste, mas agora com o conhecimento adquirido nas etapas anteriores. O pós-teste é realizado sem o auxílio do software, permitindo avaliar o impacto do OA no entendimento dos conceitos de física. A avaliação dos alunos ocorre de forma contínua, observando suas interações com o objeto de aprendizagem, além da comparação entre os resultados dos pré-testes e pós-testes. A análise dessas respostas ajuda a verificar a evolução do aprendizado, especialmente em relação ao domínio dos conceitos discutidos durante o processo de ensino.

2.3 Uso de simuladores experimentais no ensino de física

O avanço das tecnologias digitais tem proporcionado novas formas de ensinar e aprender, especialmente no ensino de Física, uma área que tradicionalmente depende de experimentos práticos para a compreensão de conceitos abstratos. O uso de simuladores computacionais tem se mostrado uma solução eficaz para escolas que não possuem laboratórios bem equipados ou recursos financeiros suficientes para realizar experimentos complexos. Esses simuladores permitem a visualização de fenômenos que seriam difíceis de observar no dia a dia e tornam o aprendizado mais dinâmico e interativo (ZARA, 2011).

De acordo com Silva (2023), os simuladores virtuais oferecem a oportunidade de realizar experimentos que, no contexto escolar tradicional, seriam inviáveis por questões de segurança, custo ou a impossibilidade de recriar certos fenômenos, como a simulação de ambientes com gravidade diferente da terrestre. Além disso, esses simuladores permitem que os alunos ajustem variáveis e vejam em tempo real as consequências dessas mudanças, o que fortalece a compreensão do conceito de maneira prática e imediata.

Durante a pandemia de COVID-19, os simuladores se tornaram ainda mais importantes, pois possibilitaram a continuidade das atividades práticas mesmo em um cenário de ensino remoto (MIRANDA, 2023). Ao retornar às aulas presenciais, os educadores seguiram utilizando essas ferramentas, evidenciando o potencial dos simuladores para manter o engajamento dos alunos e tornar o ensino mais atrativo, principalmente em uma geração acostumada à presença constante da tecnologia no seu dia a dia.

Entretanto, a implementação dos simuladores em sala de aula ainda enfrenta desafios significativos. A falta de formação específica dos professores, a infraestrutura inadequada das escolas e a resistência de alguns educadores a modificar suas metodologias de ensino são obstáculos que precisam ser superados para garantir que essa ferramenta seja utilizada de forma eficaz (SILVA, 2023). Isso se torna ainda mais evidente quando se observa que muitos estudantes estão acostumados a acessar informações em tempo real por meio de seus dispositivos móveis, o que torna as metodologias tradicionais cada vez mais ineficazes, já que

essas abordagens não correspondem à velocidade e à interatividade que os alunos esperam (CAVALCANTE, 2021).

A introdução das Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino de Física é uma estratégia poderosa para aumentar a interação entre professores e alunos. Ferramentas como simuladores interativos, plataformas educacionais e aplicativos móveis tornam as aulas mais atraentes, permitindo que os alunos explorem os conceitos de maneira mais prática. A incorporação dessas ferramentas tecnológicas não deve ser vista apenas como um recurso didático, mas como um meio de preparar os alunos para a realidade digital em que estão inseridos, tornando-os mais ativos no processo de aprendizagem (CAVALCANTE, 2021).

É importante destacar que, embora os simuladores possam oferecer uma rica experiência de aprendizado, seu uso precisa ser acompanhado de uma pedagogia cuidadosa. O educador tem um papel fundamental em guiar os alunos para que eles compreendam os conceitos por trás dos fenômenos simulados. O simulador não substitui a necessidade de explicação teórica, mas serve como uma ferramenta de apoio, tornando a teoria mais acessível e concreta, especialmente em relação a conceitos abstratos (ZARA, 2011).

Além disso, os simuladores são uma excelente alternativa para suprir a falta de laboratórios em muitas escolas, pois podem recriar fenômenos que seriam impossíveis de observar em um ambiente real. Como exemplo, é possível simular o comportamento das partículas em um gás, fenômeno essencial para a compreensão do conceito de temperatura e calor. O uso desses simuladores permite que os alunos visualizem esses fenômenos de maneira clara e interativa, o que facilita a assimilação do conteúdo transmitido pelo professor (SILVA, 2023).

Portanto, a adoção de simuladores no ensino de Física não apenas torna as aulas mais interessantes e interativas, mas também permite que os alunos se conectem de forma mais eficaz com os conceitos científicos. Essa tecnologia tem o potencial de melhorar a compreensão dos fenômenos físicos e preparar os alunos para um futuro em que a tecnologia desempenhará um papel central em suas vidas profissionais e pessoais. Como observa Cavalcante (2021), a evolução das tecnologias deve ser acompanhada pelo educador para garantir que os alunos se beneficiem das ferramentas mais modernas, alinhando o ensino de Física com as exigências da sociedade contemporânea.

2.4 Movimento de projéteis em 2D

Para entendermos como o simulador consegue recriar o lançamento de um projétil, é necessário entender a teoria que o fundamenta. Segundo Freire et al. (2016) quando um projétil é lançado ele estará sujeito à ação da força peso e uma força de resistência do ar linear. A seguir analisaremos como o projétil se comporta com e sem a força de resistência do ar. Para tal, modelos semelhantes de simulação de lançamento de projéteis podem ser encontrados em estudos como o de Negreiros et al. (2021), que investigam a física do lançamento de foguetes, considerando o impacto da resistência do ar e outros parâmetros importantes.

2.4.1 Análise do movimento desconsiderando a força de atrito do ar

Inicialmente, iremos analisar as equações que descrevem o movimento do projétil sem considerar dissipação de energia. Nesse caso, o projétil será influenciado apenas pela força da gravidade, dada pela equação (1).

$$\vec{F} = -mg\hat{j}. \quad (1)$$

Onde g é a aceleração gravitacional, que consideraremos constante, e m é a massa do projétil, que consideraremos uniforme.

Sabemos que o momento é dado pela equação a seguir:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}. \quad (2)$$

Para as condições iniciais iremos considerar:

$$x_0 = 0, y_0 = h_0, t = 0, v_{0x} = v_0 \cos \theta, v_{0y} = v_0 \sin \theta. \quad (3)$$

Na direção horizontal, temos que a aceleração do projétil é nula, deste modo v_x é constante, ou seja, $v_x = v_{0x}$, neste caso temos:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = a_x = 0 = \frac{dv_x}{dt},$$

$$\frac{dx}{dt} = v_{0x},$$

Integrando ambos os lados da equação, obtemos a expressão para a posição em x em função do tempo:

$$\int_0^x dx = \int_0^t v_{0x} dt,$$

$$x(t) = v_{0x}t. \quad (4)$$

Para demonstrar que $v_x = v_{0x}$, basta derivar a equação (4), uma vez que v_x é a derivada da posição em relação ao tempo. Veja:

$$x(t) = v_{0x}t,$$

$$\frac{dx}{dt} = v_{0x},$$

$$v_x = v_{0x}. \quad (5)$$

Na direção vertical, a aceleração da gravidade atua sobre o projétil. Nesse caso, temos:

$$-mg = m \frac{d^2y}{dt^2} = m \frac{dV_y}{dt},$$

$$dv_y = -gdt,$$

Ao integrar ambos os lados da equação, obtemos a fórmula para a velocidade em y em função do tempo:

$$\int_{v_{0y}}^{V_y} V_y = - \int_0^t gdt,$$

$$v_y(t) = v_{0y} - gt. \quad (6)$$

Agora, para descobrir a equação da posição em y em função do tempo, basta substituir $v_y(t)$ por $\frac{dy}{dt}$ na equação (6):

$$\frac{dy}{dt} = v_{0y} - gt,$$

Integrando ambos os lados:

$$\int_{h_0}^y dy = v_{0y} \int_0^t dt + \int_0^t t dt,$$

$$y - h_0 = v_{0y}(t - 0) - \frac{g(t^2 - 0)}{2},$$

$$y(t) = h_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} \quad (7)$$

2.4.2 Análise do movimento considerando a força de atrito do ar

Agora iremos analisar as equações do movimento levando em consideração a força de atrito do ar, consideramos ela sendo proporcional a velocidade:

$$\vec{f} = -mgy\hat{j} - b(V_x\hat{i} + V_y\hat{j}). \quad (8)$$

Para este caso consideramos b uma constante maior que zero, e o parâmetro de atrito do ar é dado por $\beta = \frac{b}{m}$. Além disso, foram utilizadas as condições iniciais apresentadas na equação (3).

Ao analisar a componente x, temos:

$$\begin{aligned} -bV_x &= m \frac{dV_x}{dt}, \\ \frac{dV_x}{dt} &= -\frac{b}{m}V_x, \end{aligned}$$

Integrando ambos os lados, obtemos a fórmula para a velocidade em x em função do tempo, com dissipação de energia:

$$\begin{aligned} \int_{v_{0x}}^{V_x} \frac{dV_x}{V_x} &= -\frac{b}{m} \int_0^t dt, \\ \ln v_x - \ln v_{0x} &= -\beta t, \\ \ln\left(\frac{v_x}{v_{0x}}\right) &= -\beta t, \\ \frac{v_x}{v_{0x}} &= e^{-\beta t}, \\ v_x(t) &= v_{0x}e^{-\beta t}. \quad (9) \end{aligned}$$

Note que, no limite $\beta \rightarrow 0$ (sem dissipação de energia), a equação (9) retorna à equação (6), que corresponde a equação sem a resistência do ar, equação (5) conforme mostrado abaixo:

$$\begin{aligned} v_x(t) &= \lim_{\beta \rightarrow 0} v_{0x}e^{-\beta t}, \\ v_x &= v_{0x}. \quad (5) \end{aligned}$$

Agora, para descobrir a equação da posição em x em função do tempo, com dissipação de energia, basta substituir $v_x(t)$ por $\frac{dx}{dt}$ na equação (9):

$$\frac{dx}{dt} = v_{0x} e^{-\beta t},$$

Integrando ambos os lados:

$$\int_0^x dx = v_{0x} \int_0^t e^{-\beta t} dt ,$$

$$x(t) = v_{0x} \left(\frac{1 - e^{-\beta t}}{\beta} \right) . \quad (10)$$

Note que, no limite $\beta \rightarrow 0$, a equação (10) retorna à equação (4):

$$x(t) = \lim_{\beta \rightarrow 0} v_{0x} \left(\frac{1 - e^{-\beta t}}{\beta} \right) ,$$

Ao aplicar o limite $\beta \rightarrow 0$ haverá uma indeterminação, segundo STEWART (2021) deve ser aplicado a regra de L'Hospital nesses casos, observe:

$$x(t) = \lim_{\beta \rightarrow 0} v_{0x} \left(\frac{\frac{d(1 - e^{-\beta t})}{d\beta}}{\frac{d\beta}{d\beta}} \right) ,$$

$$x(t) = \lim_{\beta \rightarrow 0} v_{0x} \left(\frac{-e^{-\beta t}(-t)}{1} \right) ,$$

$$x(t) = v_{0x} \lim_{\beta \rightarrow 0} e^{-\beta t} t ,$$

$$x(t) = v_{0x} t . \quad (4)$$

Observe que, após aplicar a regra de L'Hopital à equação (10), obtém-se a equação (4), que corresponde à equação sem a resistência do ar.

Agora, ao analisar a componente y, temos:

$$m \frac{dV_y}{dt} = -mg - bV_y ,$$

$$\frac{dV_y}{dt} = -g - \frac{b}{m} V_y ,$$

$$\frac{dV_y}{dt} = -g - \beta V_y = -\beta \left(\frac{g}{\beta} + V_y \right) ,$$

Integrando ambos os lados, obtemos a expressão da velocidade em y em função do tempo, com dissipação de energia:

$$\int_{v_{0y}}^{v_y} \frac{dV_y}{\frac{g}{\beta} + V_y} = -\beta \int_0^t dt ,$$

$$\begin{aligned}
\int_{\frac{g}{\beta} + v_{0y}}^{\frac{g}{\beta} + v_y} \frac{dV}{V_y} &= -\beta t, \\
\ln \left(\frac{\frac{g}{\beta} + v_y}{\frac{g}{\beta} + v_{0y}} \right) &= -\beta t, \\
\frac{\frac{g}{\beta} + v_y}{\frac{g}{\beta} + v_{0y}} &= e^{-\beta t}, \\
\frac{g}{\beta} + v_y &= \left(\frac{g}{\beta} + v_{0y} \right) e^{-\beta t}, \\
v_y(t) &= \left(\frac{g}{\beta} + v_{0y} \right) e^{-\beta t} - \frac{g}{\beta} \quad (11)
\end{aligned}$$

Note que, no limite $\beta \rightarrow 0$, a equação (11) retorna à equação (6):

$$\begin{aligned}
V_y(t) &= \lim_{\beta \rightarrow 0} \left[\left(\frac{g}{\beta} + v_{0y} \right) e^{-\beta t} - \frac{g}{\beta} \right], \\
V_y(t) &= \lim_{\beta \rightarrow 0} \left(\frac{g}{\beta} e^{-\beta t} + v_{0y} e^{-\beta t} \right),
\end{aligned}$$

Aplicando a regra de L'Hospital:

$$\begin{aligned}
V_y(t) &= \lim_{\beta \rightarrow 0} \frac{g \frac{de^{-\beta t}}{d\beta}}{\frac{d\beta}{d\beta}} + v_{0y}, \\
V_y(t) &= \lim_{\beta \rightarrow 0} \frac{g e^{-\beta t} (-t)}{1} + v_{0y}, \\
V_y(t) &= v_{0y} - gt. \quad (6)
\end{aligned}$$

Observe que, após aplicar a regra de L'Hospital à equação (11), obtém-se a equação (6), que corresponde à equação sem a resistência do ar.

Agora, para determinar a equação da posição y em função do tempo, com dissipação de energia, basta substituir $v_y(t)$ por $\frac{dy}{dt}$ na equação (11):

$$\frac{dy}{dt} = \left(\frac{g}{\beta} + v_{0y} \right) e^{-\beta t} - \frac{g}{\beta},$$

Integrando ambos os lados:

$$\int_{h_0}^y dy = \left(\frac{g}{\beta} + v_{0y} \right) \int_0^t e^{-\beta t} dt - \frac{g}{\beta} \int_0^t dt,$$

$$y - h_0 = \left(\frac{g}{\beta} + v_{0y}\right) \frac{e^{-\beta t} - 1}{-\beta} - \frac{gt}{\beta},$$

$$y(t) = h_0 + \left(\frac{g}{\beta} + v_{0y}\right) \frac{1 - e^{-\beta t}}{\beta} - \frac{g}{\beta} t. \quad (12)$$

Note que, no limite $\beta \rightarrow 0$, a equação (12) retorna à equação (7):

$$y(t) = \lim_{\beta \rightarrow 0} \left[h_0 + \left(\frac{g}{\beta} + v_{0y}\right) \frac{1 - e^{-\beta t}}{\beta} - \frac{g}{\beta} t \right],$$

Aplicando a regra de L'Hospital, temos:

$$y(t) = h_0 + \lim_{\beta \rightarrow 0} \left[\left(\frac{ge^{-\beta t} + v_{0y}}{2\beta} - \frac{dgt}{d\beta} \right) \right],$$

Aplicando novamente a regra de L'Hospital:

$$y(t) = h_0 + \lim_{\beta \rightarrow 0} \frac{g}{2} t^2 (-e^{-\beta t}) + v_{0y} t$$

$$y(t) = h_0 + v_{0y} t - \frac{g}{2} t^2. \quad (7)$$

Observe que, após aplicar a regra de L'Hospital à equação (12), obtém-se a equação (7), que corresponde à equação sem a resistência do ar.

Por fim, para a equação da trajetória, começamos isolando t na equação (9):

$$x(t) = v_{0x} \left(\frac{1 - e^{-\beta t}}{\beta} \right),$$

$$\frac{x}{v_{0x}} = \left(\frac{1 - e^{-\beta t}}{\beta} \right),$$

$$e^{-\beta t} = 1 - \frac{\beta x}{v_{0x}},$$

$$-\beta t = \ln \left(1 - \frac{\beta x}{v_{0x}} \right),$$

$$t = \frac{-\ln \left(1 - \frac{\beta x}{v_{0x}} \right)}{\beta}. \quad (13)$$

Agora, substituímos a equação (13) na equação (12) para obter a expressão da trajetória com dissipação do ar:

$$y(x) = h_0 + \left(\frac{g}{\beta} + v_{0y}\right) \frac{1 - e^{-\beta t}}{\beta} + \frac{g}{\beta^2} \ln \left(1 - \frac{\beta x}{v_{0x}} \right). \quad (14)$$

Para descobrir a equação da trajetória sem a dissipação de energia, basta aplicar o limite de $\beta \rightarrow 0$ na equação (14):

$$y(x) = h_0 + \frac{v_{0y}x}{v_{0x}} + \lim_{\beta \rightarrow 0} \left(\frac{gx}{\beta v_{0x}} \right) + \lim_{\beta \rightarrow 0} \left[\frac{g}{\beta^2} \ln \left(1 - \frac{\beta x}{v_{0x}} \right) \right],$$

Aplicando a regra de L'Hospital:

$$y(x) = h_0 + \frac{v_{0y}x}{v_{0x}} + g \lim_{\beta \rightarrow 0} \left(\frac{1}{1 - \frac{\beta x}{v_{0x}}} \cdot \frac{x}{2\beta} \right),$$

Aplicando novamente a regra de L'Hospital:

$$y(x) = h_0 + \frac{v_{0y}x}{v_{0x}} + g \lim_{\beta \rightarrow 0} \left(\frac{-\frac{x}{v_{0x}}}{\frac{\beta x^2}{v_{0x}^2}} \cdot \frac{x}{2} \right),$$

$$y(x) = h_0 + \frac{v_{0y}}{v_{0x}}x - \frac{g}{2} \frac{x^2}{v_{0x}^2}. \quad (15)$$

3 METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa, foi desenvolvido um simulador para o ensino do movimento de projéteis, e elaborada uma sequência didática para sua aplicação e validação da eficácia. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa com finalidade explicativa, sendo conduzida por meio de uma metodologia experimental de análise transversal. O estudo foi realizado com uma sequência didática fundamentada em Oliveira e Paulino (2024) e Serrano (2012), utilizando um pré-teste, um teste mediado pelo simulador e, por fim, um pós-teste para medir as mudanças no entendimento dos alunos.

3.1 Desenvolvimento do simulador

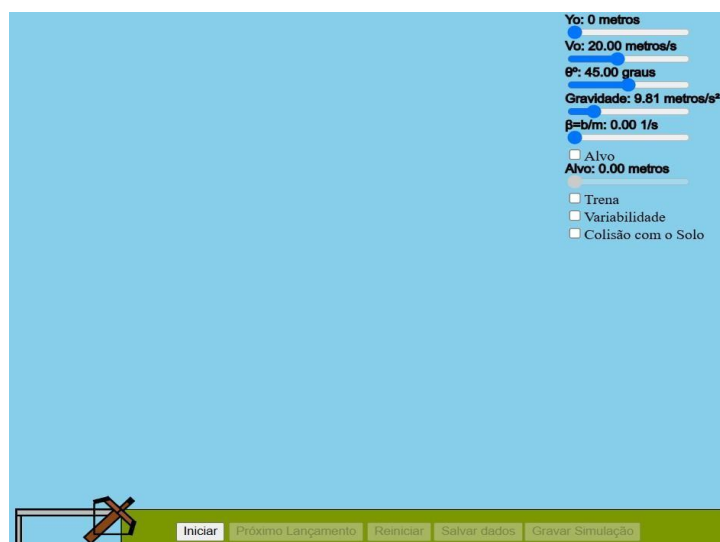
No desenvolvimento do simulador virtual de lançamento de projéteis, optou-se pela linguagem de programação JavaScript, utilizando a plataforma gratuita p5.js. A seguir, apresentamos a interface do simulador, acompanhada de um breve tutorial que orienta o usuário sobre como realizar uma simulação. Logo após, exibimos um

diagrama de atividades que resume o funcionamento do sistema durante a simulação.

3.1.1 Interface do simulador

A Interface inicial do simulador virtual apresenta um cenário de um campo aberto, com elementos visuais que remetem a um ambiente ao ar livre, como grama e céu azul (Figura 1). Nesse cenário, o usuário pode ajustar diversos parâmetros cruciais para o lançamento, como velocidade inicial (V_0), altura inicial (Y_0), ângulo inicial (θ°), gravidade e resistência do ar (β).

Figura 1 - Interface inicial do simulador



Fonte: Autoria própria (2025).

Para facilitar o uso do simulador, apresentamos a seguir um breve tutorial que orientará os usuários na realização de suas simulações com o simulador desenvolvido neste projeto.

Ao abrir o simulador, você será recebido pela Interface inicial, como mostrado na Figura 2. Antes de iniciar a simulação, é necessário ajustar os parâmetros iniciais do lançamento no painel de controle, encontrado no canto superior direito da tela inicial.

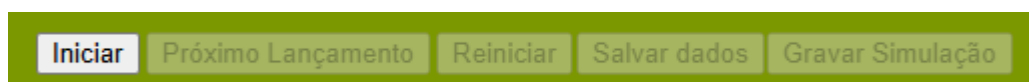
Figura 2 - Painel de controle



Fonte: Autoria própria (2025).

No painel de controle, você encontrará os seguintes parâmetros ajustáveis: Y_0 , que representa a altura inicial; V_0 , a velocidade inicial; θ° , o ângulo de lançamento; Gravidade; e β , que está relacionado à resistência do ar. Após configurar esses valores de acordo com a simulação desejada, clique no botão "Iniciar", localizado no canto inferior da Interface inicial, para começar a simulação.

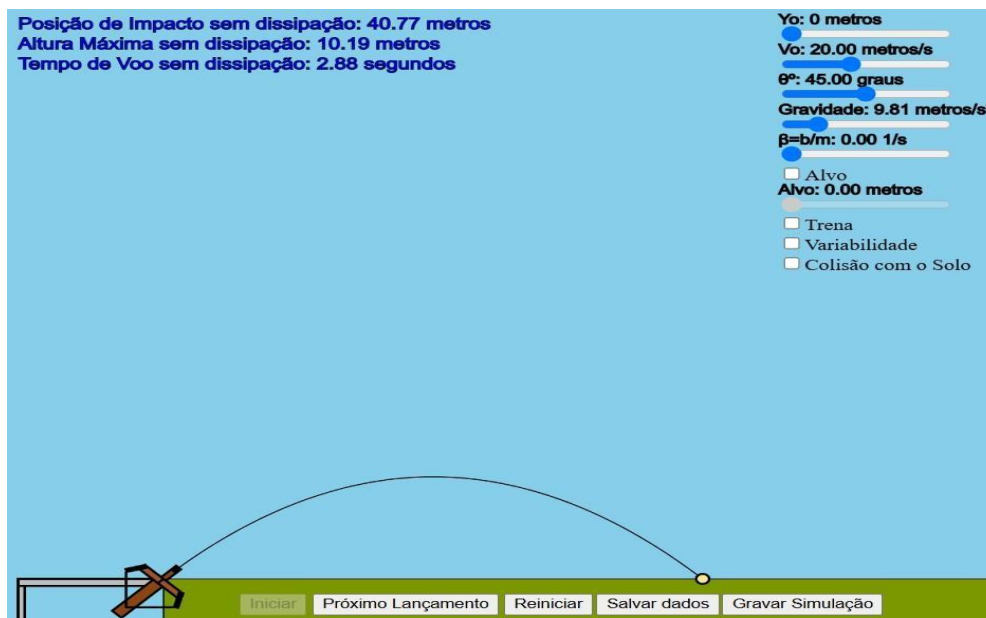
Figura 3 - Botões do simulador



Fonte: Autoria própria (2025).

Após clicar no botão de iniciar vai acontecer o primeiro lançamento, e os botões "Próximo Lançamento", "Reiniciar", "Salvar dados" e "Gravar Simulação" serão habilitados. No canto superior esquerdo da interface aparecerão os dados da simulação, como a Posição de impacto sem dissipação, Posição de impacto com dissipação (caso $\beta > 0$), Altura máxima sem dissipação e tempo de voo sem dissipação.

Figura 4 - Interface do simulador após o primeiro lançamento



Fonte: Autoria própria (2025).

Caso deseje realizar múltiplos lançamentos, basta clicar no botão "Próximo Lançamento", localizado ao lado do botão "Iniciar". Repita esse processo quantas vezes desejar para realizar o número de lançamentos que você precisar. Após concluir todos os lançamentos, clique no botão "Salvar Dados" para exportar um arquivo em formato .txt contendo todos os dados das simulações realizadas. Esse arquivo será salvo diretamente em sua máquina para futura análise.

O simulador também conta com funções extras, como "Variabilidade", que torna os dados mais próximos dos obtidos em um experimento real, e "Colisão com o Solo", que adiciona maior realismo à simulação.

Por fim, caso queira salvar uma imagem da sua simulação com todos os dados do lançamento, basta clicar no botão "Gravar Simulação". Isso exportará uma captura da interface atual do simulador para o seu computador com todos os dados da simulação e a trajetória do projétil. Se desejar reiniciar o simulador e apagar todos os dados da simulação atual, clique no botão "Reiniciar". O simulador será resetado, voltando ao seu estado inicial, pronto para novas simulações.

3.1.2 Funcionamento do sistema

No início da simulação, o ambiente será inicializado com a criação de uma tela de tamanho flexível, de acordo com o tamanho da janela do navegador. Após isso, o usuário define as variáveis iniciais de lançamento por meio de controles deslizantes de ângulo, altura, velocidade, gravidade e resistência do ar.

Em seguida, o programa verifica se $\beta > 0$ (resistência do ar). Se houver resistência do ar, a posição do projétil é calculada pelas equações (10) e (12). Caso não haja resistência do ar, a posição do projétil é calculada pelas equações (4) e (7).

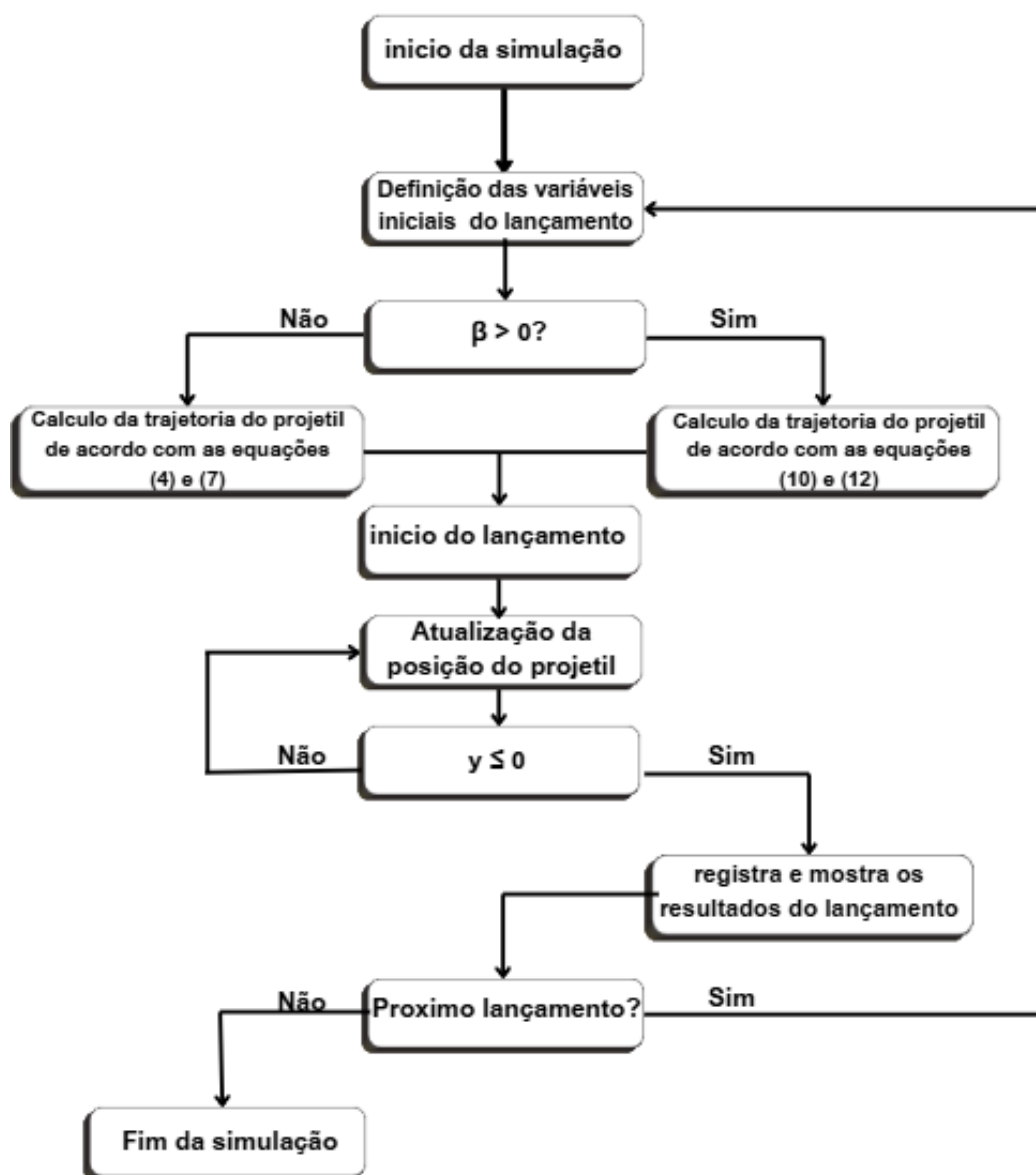
Depois, o programa verifica se o projétil atingiu o solo. Se sim, ele registra e mostra os resultados do lançamento. Caso contrário, a posição do projétil continua sendo atualizada.

Para fazer o projétil parar no solo, foi feito uma interpolação linear entre dois pontos da trajetória para encontrar o exato momento em que ele toca o chão. Como a simulação usa valores em intervalos discretos, o projétil pode pular de um ponto acima do solo para um abaixo, sem passar exatamente por $y = 0$. A interpolação linear traça uma reta entre esses dois pontos e calcula onde a altura chega a zero, ajustando melhor o momento do impacto.

Após o projétil atingir o solo, caso o usuário queira realizar um novo lançamento, a simulação volta para a definição das variáveis iniciais. Caso contrário, a simulação é concluída.

A seguir, na figura 5, foi feito um diagrama mostrando o funcionamento do simulador.

Figura 5 - Diagrama de Fluxo da Simulação



Fonte: Autoria própria (2025).

3.2 Elaboração da sequência didática

A sequência didática foi elaborada com o objetivo de medir tanto o aprendizado dos alunos após o uso do simulador, como também avaliar a usabilidade do simulador, que foi utilizado como ferramenta central. A abordagem adotada segue os conceitos de Oliveira e Paulino (2024) e Serrano (2012). A sequência foi estruturada em três etapas principais:

Pré-teste: Inicialmente, foi aplicado um pré-teste com o objetivo de avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos fundamentais do lançamento de projéteis, bem como a familiaridade deles com o uso de simuladores. Esse pré-teste focou principalmente na análise do entendimento dos alunos a respeito do impacto das variáveis iniciais no lançamento de projéteis.

Teste: Após a aplicação do pré-teste, foi realizado o teste, cujo objetivo era permitir que os alunos utilizassem o simulador para observar visualmente como as variáveis iniciais do lançamento de projéteis impactam o comportamento do movimento. Durante essa etapa, os alunos puderam explorar as diferentes variáveis e analisar suas influências nas trajetórias dos projéteis.

Pós-teste: Por fim, após o teste, foi aplicado o pós-teste com o objetivo de avaliar o quanto os alunos haviam assimilado sobre o impacto das variáveis iniciais no lançamento de projéteis após a utilização do simulador. Essa etapa teve como objetivo verificar a evolução do entendimento dos alunos sobre os conceitos trabalhados durante o experimento. Além disso, foi conduzida uma avaliação geral da usabilidade do simulador.

3.3 Aplicação da sequência

A sequência foi aplicada com alunos de graduação da UFERSA, campus Pau dos Ferros, em uma turma de Mecânica Clássica, composto por 14 alunos. Inicialmente, o simulador foi apresentado para eles em sala de aula, e, de forma online, foram disponibilizados tanto o simulador quanto o pré-teste, teste e do pós-teste.

3.4 Análise dos dados

Os resultados do pré-teste e do pós-teste foram analisados, comparando as taxas de acerto dos alunos em relação ao impacto das variáveis iniciais no lançamento de projéteis, a fim de avaliar se, após o uso do simulador, houve uma melhoria no entendimento dos conceitos abordados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão discutidos os resultados obtidos a partir da aplicação de três atividades consecutivas: pré-teste, teste e pós-teste. Para fins de avaliar a eficácia do simulador de lançamento de projéteis desenvolvido para o ensino de física. Essas atividades foram aplicadas a uma turma de alunos de Mecânica Clássica, da UFERSA campus Paus dos Ferros, com o intuito de verificar o uso do simulador no aprendizado de lançamento de projéteis e na percepção dos alunos sobre sua usabilidade.

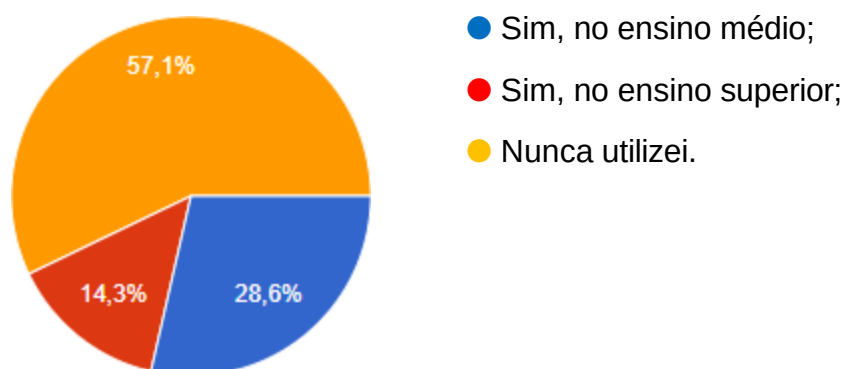
4.1 Análise dos Resultados

4.1.1 Pré-teste

Foi feito antes da interação com o simulador e tinha o propósito de avaliar o conhecimento pré-existente dos alunos sobre o movimento de projéteis e sua familiaridade com simuladores. Contou com questões divididas entre temas como experiência prévia com simuladores e compreensão dos fundamentos do movimento de projéteis, como veremos a seguir.

Iniciamos o pré-teste com a primeira pergunta, que tinha como objetivo avaliar a familiaridade dos alunos com o uso de simuladores no ensino de Física. Observamos que a maioria dos alunos nunca havia tido contato com essa ferramenta durante suas aulas de física, conforme ilustrado no gráfico 1.

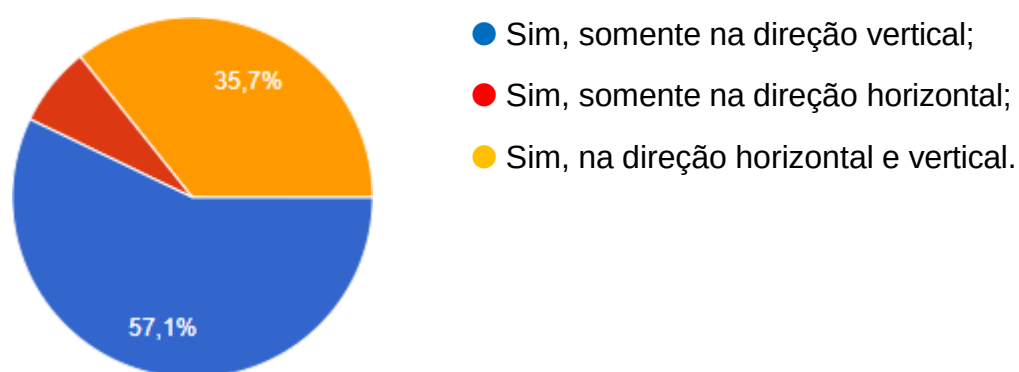
Gráfico 1 – Utilização de simuladores no ensino de física



Fonte: Autoria própria (2025).

Em seguida, foram elaboradas perguntas básicas relacionadas ao conteúdo de lançamento de projéteis. A pergunta 2 foi formulada da seguinte forma: "Você chuta uma bola com um certo ângulo e velocidade inicial. A bola atinge uma altura máxima de 4 metros e chega ao pé do seu colega, que está a uma distância de 6 metros. A aceleração da gravidade influencia o movimento da bola?" Essa pergunta obteve uma taxa de acerto de 57,1%, sendo que 42,9% dos alunos acreditam erroneamente que a gravidade atua na direção horizontal, conforme ilustrado no gráfico 2.

Gráfico 2 - Desempenho dos alunos na pergunta 2 do pré-teste

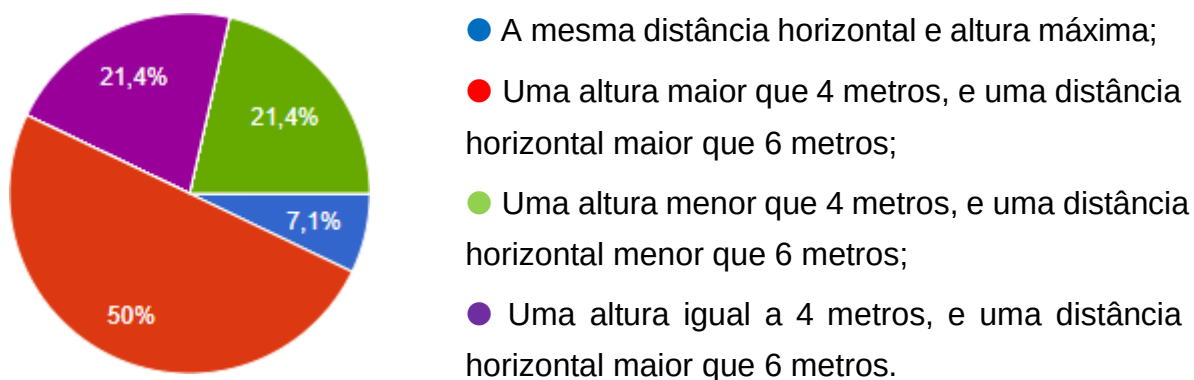


Fonte: Autoria própria (2025).

Na sequência, a pergunta 3 abordou a influência da resistência do ar no movimento da bola: "O ar está ao nosso redor e influencia o movimento dos objetos, e a situação do item 2) sofre a influência da resistência do ar. Em relação a situação

do item 2), "sem a resistência do ar" e com o mesmo ângulo e velocidade inicial, a bola alcançaria:". Essa pergunta obteve uma taxa de acerto de 50%, sendo que 28,5% dos alunos acreditam erroneamente que a altura máxima não se altera e 21,4% equivocadamente acreditam que a altura máxima é menor, conforme ilustrado no gráfico 3.

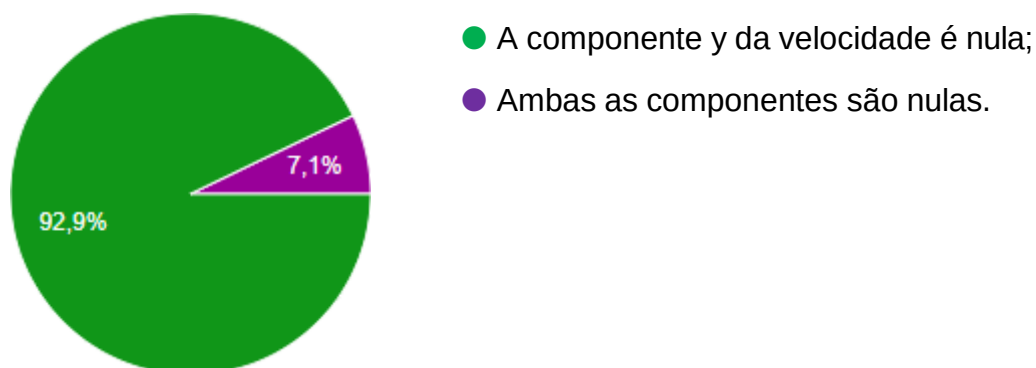
Gráfico 3 - Desempenho dos alunos na pergunta 3 do pré-teste



Fonte: Autoria própria (2025).

Em seguida, a pergunta 4 investigou o comportamento da velocidade no ponto mais alto da trajetória: "O que acontece com a velocidade quando ela atinge a altura máxima?". A taxa de acerto dessa pergunta foi de 92,9%, com apenas 7,1% dos alunos, equivocadamente, acreditando que ambas as componentes da velocidade ficam nulas, conforme visto no gráfico 4.

Gráfico 4 - Desempenho dos alunos na pergunta 4 do pré-teste



Fonte: Autoria própria (2025).

Logo após, a pergunta 5 questionou a influência do ângulo inicial na altura máxima: "O ângulo inicial, medido entre o início da trajetória e a chão, influencia na altura máxima considerando que a bola consegue sair com a mesma velocidade em módulo?". Essa pergunta obteve uma taxa de acerto de 100%.

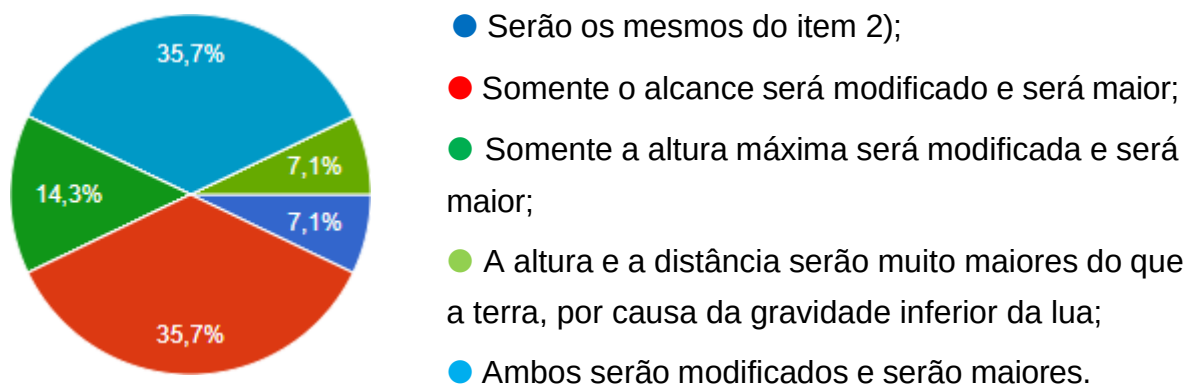
Na pergunta 6, os alunos precisavam identificar o ângulo inicial que resulta na altura máxima da bola: "Qual o valor do ângulo inicial entre 0 e 90°, para o qual a bola atinge a altura máxima?". A taxa de acerto dessa pergunta foi de 64,28%, enquanto 35,72% dos alunos acreditam incorretamente que o ângulo em que a bola atinge a altura máxima é de 45 graus.

A seguir, a pergunta 7 retomou a influência do ângulo inicial, desta vez em relação ao alcance: "O ângulo inicial, medido entre o início da trajetória e a chão, influencia no alcance considerando que a bola consegue sair com a mesma velocidade em módulo?". Assim como na pergunta 5, essa questão também obteve uma taxa de acerto de 100%.

Posteriormente, a pergunta 8 abordou o ângulo inicial que resulta no maior alcance horizontal da bola: "Qual o valor do ângulo inicial entre 0 e 90°, para qual a bola atinge o máximo valor do alcance?". Essa pergunta obteve uma taxa de acerto de 71,43%, enquanto 28,57% dos alunos acreditam incorretamente que o ângulo em que a bola atinge o alcance máximo é de 90 graus.

Por fim, a pergunta 9 trouxe um cenário diferente, considerando a influência da gravidade da lua: "Imagine que você esteja na lua ($g=1,67 \text{ m/s}^2$) e consiga chutar a bola com a mesmo ângulo e velocidade inicial. Em relação a situação do item 2), que a bola atinge uma altura máxima de 4 metros e chega no pé do seu colega que está a uma distância horizontal de 6 metros. Em relação a altura máxima e o alcance da bola (distância horizontal):". Essa questão apresentou uma taxa de acerto de 42,8%. Entre os alunos que erraram, 7,1% acreditaram que tanto a altura quanto o alcance permaneceriam iguais ao do item 2, 35,7% assumiram que apenas o alcance mudaria, e 14,3% consideraram que apenas a altura seria alterada, conforme observado no gráfico 5.

Gráfico 5 - Desempenho dos alunos na pergunta 9 do pré-teste



Fonte: Autoria própria (2025).

4.1.2 Teste

O teste foi composto por três perguntas focadas no tema de lançamento de projéteis, nas quais os alunos utilizaram o simulador como ferramenta para responder. As perguntas foram elaboradas para que os alunos manipulassem e alterassem parâmetros iniciais do lançamento, como ângulo, velocidade e altura, observando e analisando os impactos dessas mudanças na trajetória do projétil.

A primeira pergunta teve o objetivo de familiarizar os alunos com o simulador, sendo ela a seguinte: "Use o simulador para visualizar o comportamento das trajetórias, o valor da distância horizontal (alcance, posição de impacto), e o tempo de voo (tempo que o projétil permanece no ar) para as seguintes situações: (a) Velocidade inicial constante e 3 valores diferentes de ângulos iniciais; (b) Ângulo inicial constante e diferentes velocidades iniciais."

A segunda pergunta foi: "Uma pedra é lançada por uma catapulta no solo no instante $t = 0$, com velocidade inicial de módulo A e ângulo de B acima da horizontal. (a) Quanto tempo a pedra permanece no ar?; (b) Qual o valor do alcance em metros?; (c) Qual o valor da altura máxima, em metros?; (d) Quais são os módulos das componentes horizontal e; (e) vertical da velocidade quando atinge a altura máxima?; (f) Use o botão 'SALVA TELA' para salvar as configurações do problema e as respostas que o simulador forneceu.; (g) Use um valor de b/m diferente de zero e

descreva o que aconteceu." onde os valores de A e B mudam de acordo com o aluno.

As taxas de acerto dessa pergunta foram as seguintes:

- Alternativas (a), (c) e (d): 81,82% de acertos. Um erro comum (9,09% dos alunos) foi considerar V_x como V_0 .
- Alternativa (b): 72,73% de acertos.
- Alternativa (e): 72,73% de acertos. Um erro recorrente (9,09% dos alunos) foi calcular V_y sem levar em conta a altura máxima.
- Alternativa (g): 63,64% de acertos. Entre os erros, 18,18% dos alunos não detalharam corretamente o que acontecia.

A terceira pergunta analisada foi: "A catapulta está em uma altura diferente de zero. O que mudou em relação ao item 2? E em relação à forma de resolver?"

Onde, taxa de acerto foi de 54,55%, enquanto os erros se distribuíram da seguinte forma:

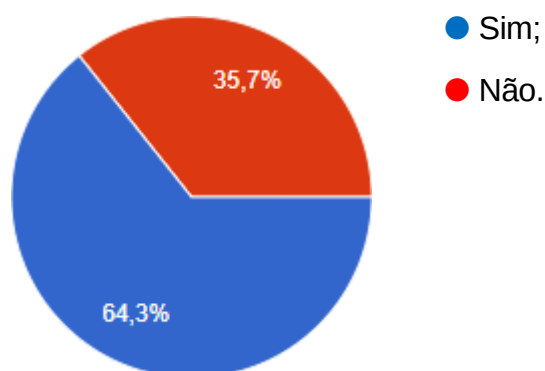
- 9,09% dos alunos não detalharam corretamente as mudanças ocorridas.
- 9,09% afirmaram erroneamente que o tempo de queda não se modifica.
- 27,27% responderam incorretamente que a altura máxima permanece inalterada.

4.1.3 Pós-teste

Aplicado após o uso do simulador, onde procurou medir o impacto educacional da ferramenta, avaliando o aprendizado adquirido em relação ao pré-teste, a usabilidade do simulador e sugestões de melhorias. Contou com perguntas divididas entre avaliação de impacto educacional, usabilidade da interface e solicitações para melhorias futuras.

No início do pós-teste, a primeira pergunta tinha como objetivo verificar se o uso do simulador havia mudado as respostas dadas no pré-teste. Os resultados podem ser vistos no gráfico 6, onde foi observado uma mudança de ideia na maioria dos alunos depois de utilizarem o simulador.

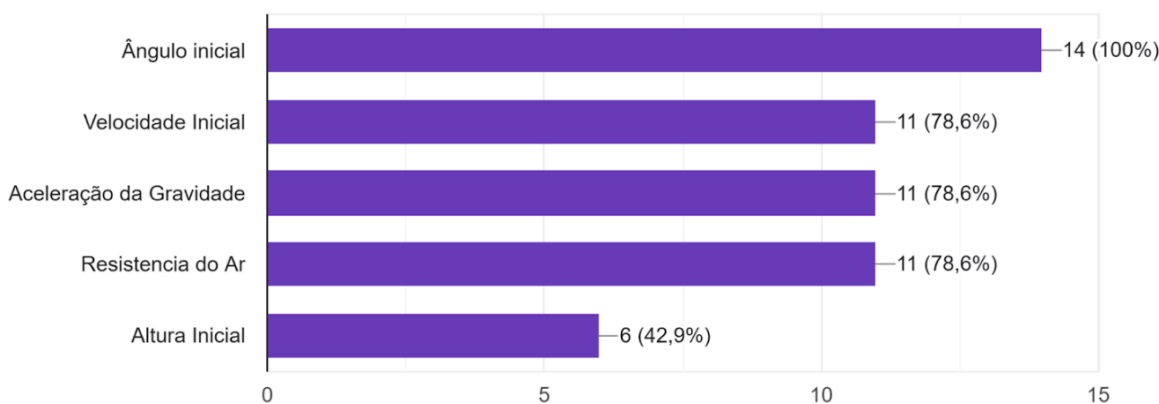
Gráfico 6 - Alteração nas Respostas do Pré-Teste Após o Uso do Simulador



Fonte: Autoria própria (2025).

Em seguida, foi perguntado quais variáveis influenciam a trajetória do projétil, permitindo que os alunos marcassem mais de uma alternativa. Os resultados podem ser vistos no gráfico 7, observamos que cerca de 42,9% dos alunos marcaram todas as opções, e foi unânime entre os participantes que o ângulo inicial influencia na trajetória do projétil.

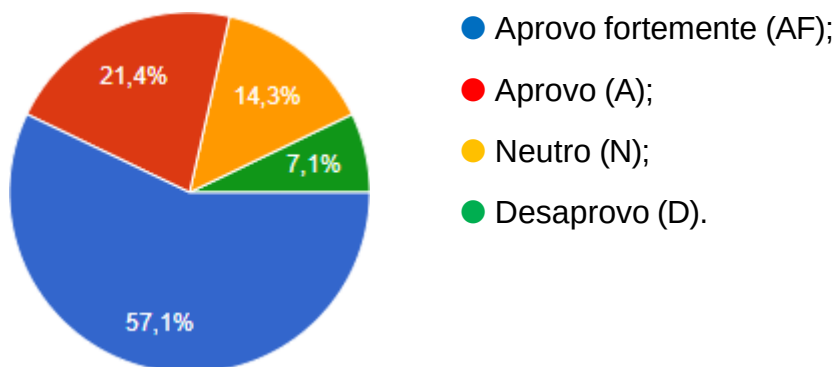
Gráfico 7 – Influência das Variáveis na Trajetória do Projétil



Fonte: Autoria própria (2025).

Nessa próxima pergunta, foi apresentada a afirmação que o simulador ajudou a visualizar a influência das variáveis mencionadas na questão anterior, e os alunos foram questionados sobre a aprovação dessa afirmação. Os resultados podem ser vistos no gráfico 8, onde foi observado que a maioria dos alunos aprovou o uso do simulador para visualizar a influência das variáveis iniciais do lançamento na trajetória do projétil.

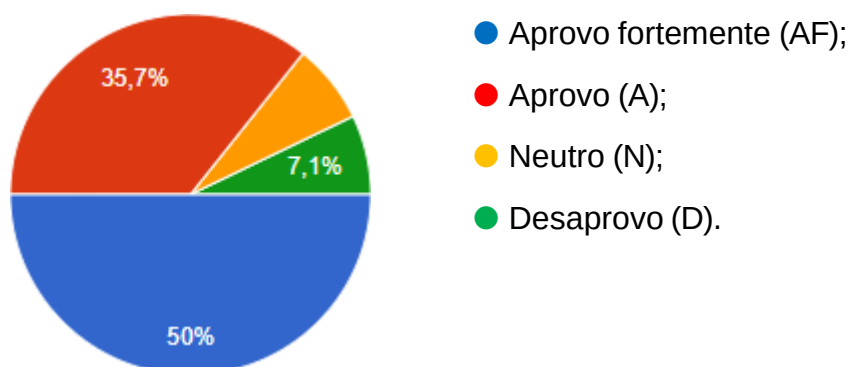
Gráfico 8 – Uso do Simulador para Visualizar a Influência das Variáveis



Fonte: Autoria própria (2025).

Além disso, foi questionado se o simulador contribuiu para uma melhor compreensão do movimento de projéteis. Os resultados, apresentados no gráfico 9, mostram uma aprovação de 85,7% no uso do simulador para compreender os conceitos de movimento de projéteis.

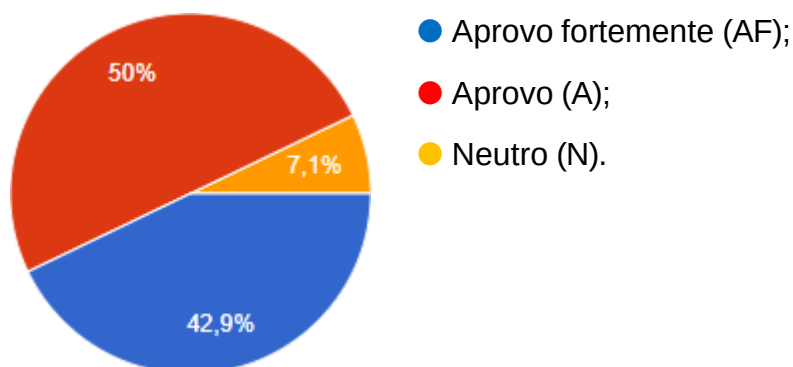
Gráfico 9 - Uso do Simulador na Compreensão do Movimento de Projéteis



Fonte: Autoria própria (2025).

Outra pergunta relevante foi sobre a conexão entre os conceitos teóricos e a prática, foi perguntado se o simulador ajudou a estabelecer essa relação. Os resultados, apresentados no gráfico 10, indicam uma aprovação de 92,9% no uso do simulador para visualizar os conceitos teóricos na prática.

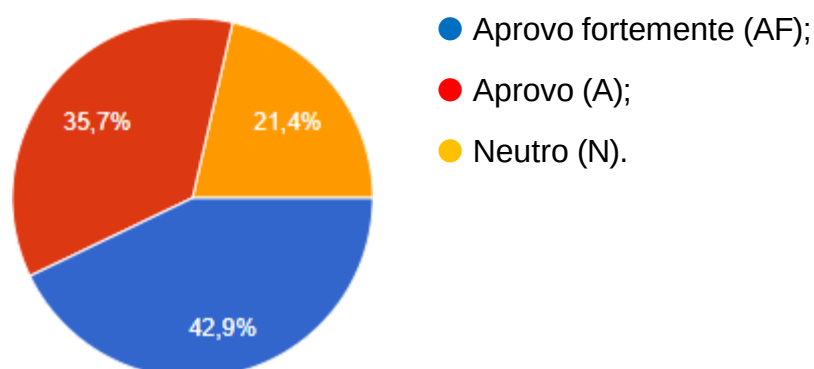
Gráfico 10 – Ajuda do Simulador para Conectar Conceitos Teóricos e Práticos



Fonte: Autoria própria (2025).

Em seguida, foi questionado se a visualização da trajetória e a manipulação das variáveis no simulador contribuíram para o entendimento do movimento de projéteis. Os resultados podem ser vistos no gráfico 11, onde foi observado que a maioria dos alunos aprovaram a afirmação de que manipular as variáveis do lançamento para um melhor entendimento dos conceitos teóricos do movimento de projéteis.

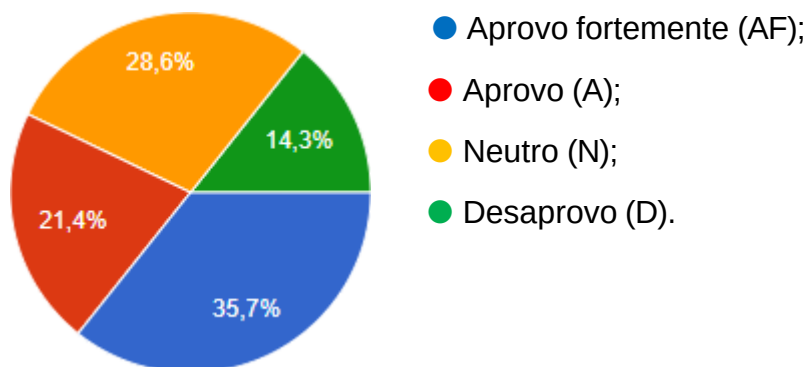
Gráfico 11 – Manipulação das variáveis para entender o movimento dos projéteis



Fonte: Autoria própria (2025).

Agora, foi questionada a opinião dos alunos sobre a facilidade de uso da interface do simulador, onde foi visto no gráfico 12 que mais da metade dos alunos aprovaram.

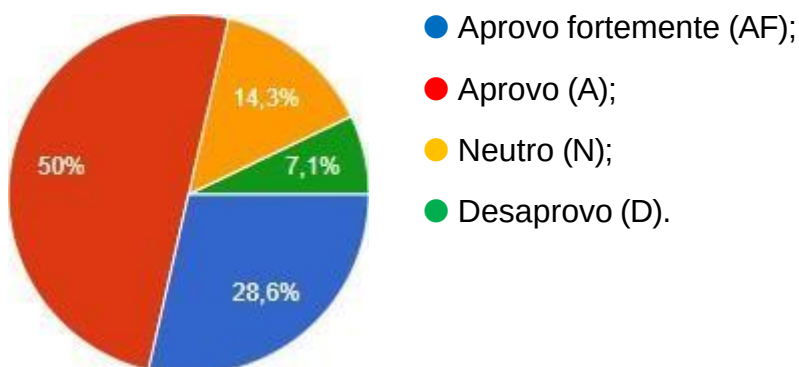
Gráfico 12 - Facilidade de Uso da Interface do Simulador



Fonte: Autoria própria (2025).

Em seguida foi perguntado sobre a avaliação do simulador e dos resultados obtidos com seu uso, onde foi visto no gráfico 13 que 78,6% dos alunos aprovaram os resultados.

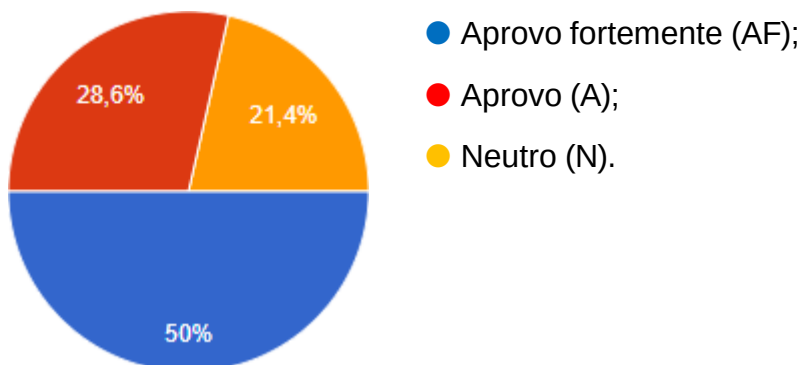
Gráfico 13 – Avaliação do Simulador



Fonte: Autoria própria (2025).

Com o objetivo de avaliar o interesse pela continuidade do uso da ferramenta, foi questionado aos alunos se gostariam de utilizar os simuladores com mais frequência na sala de aula. Observou-se no gráfico 14 que 78,6% aprovaram a ideia, enquanto não houve nenhum percentual de desaprovação. Os outros 21,4% permaneceram neutros.

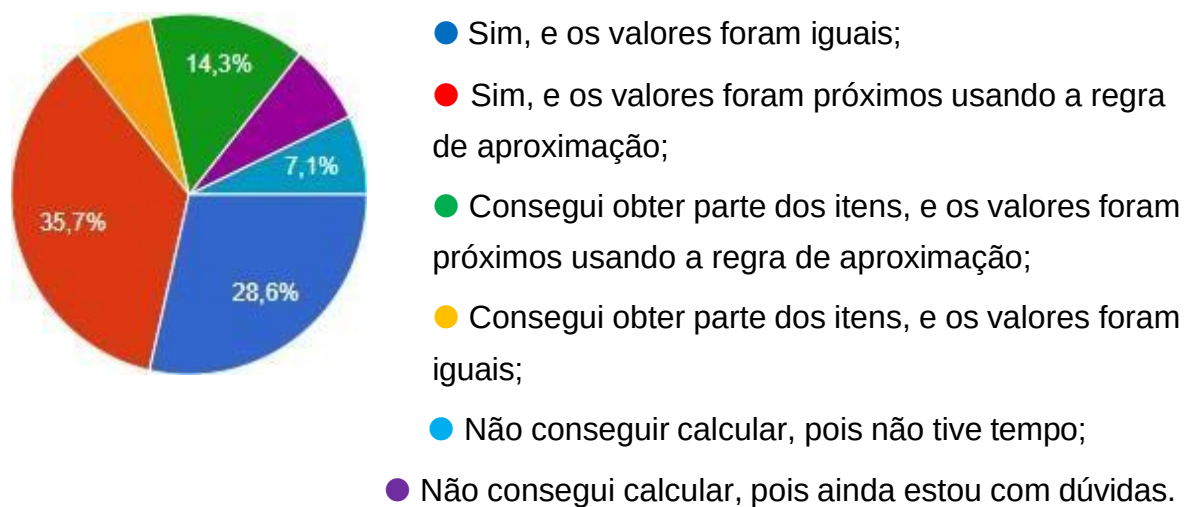
Gráfico 14 - Uso Mais Freqüente do Simulador na Sala de Aula



Fonte: Autoria própria (2025).

Em seguida, foi perguntado aos alunos se eles conseguiram calcular os itens do problema 2 do teste entregue e se os valores obtidos estavam iguais ou próximos aos fornecidos pelo simulador. Observou-se no gráfico 15 que mais da metade dos alunos conseguiram realizar a tarefa.

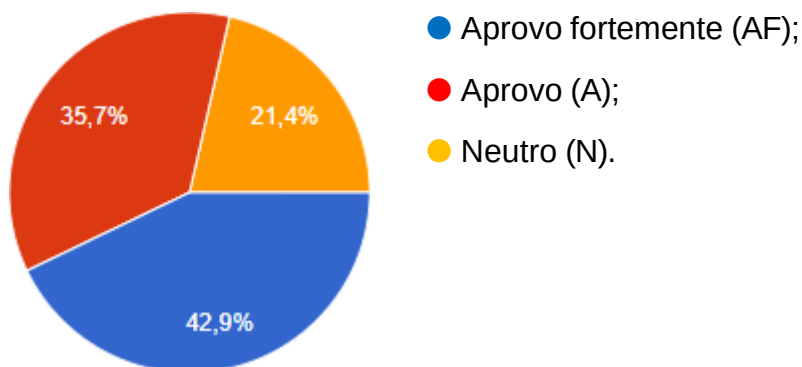
Gráfico 15 – Comparação entre cálculos e resultados do simulador



Fonte: Autoria própria (2025).

Por fim, foi perguntada qual a opinião dos alunos sobre utilizar o simulador para ver a resposta esperada da situação estudada e depois realizar o cálculo. Onde foi visto no gráfico 16 que 78,6% aprovaram e 21,4% permaneceram neutros.

Gráfico 16 - Opinião sobre o uso do simulador para verificar resultados



Fonte: Autoria própria (2025).

4.2 Feedback dos Alunos

Os alunos forneceram diversas sugestões e feedbacks sobre o simulador, destacando melhorias na interface e funcionalidades adicionais que poderiam aprimorar a experiência do usuário.

4.2.1 Sugestões de melhorias

- Melhoria visual: Muitos alunos sugeriram uma melhoria na interface do simulador.
- Melhoria no painel de controle: Alguns alunos sugeriram melhorar os Slides que controlam as variáveis do lançamento.
- Melhoria no salvamento de dados: Um aluno sugeriu melhorar o salvamento de dados dos lançamentos e o salvamento de tela.
- Melhoria no alvo: Um aluno sugeriu melhorar o alvo.

4.2.2 Sugestões de funcionalidades adicionais

- Adicionar um tutorial: Um aluno sugeriu incluir um tutorial no simulador para orientar os usuários.

- Diversificação de projétil e lançador: Foi recomendado implementar uma opção que permita variar o tipo de projétil e o modelo do lançador.
- Condições climáticas nos lançamentos: Um aluno sugeriu incluir a possibilidade de configurar condições climáticas.
- Inclinação do solo: Foi proposta a adição de uma funcionalidade que permita inclinar o solo.
- Histórico de lançamentos: Sugeriu-se a criação de um banco de dados onde cada usuário possa acessar e consultar o histórico de seus lançamentos realizados no simulador.

4.2.3 Análise do uso do simulador e Aprendizagem

Ao analisar os resultados, observou-se que, após o uso do simulador, houve uma melhora significativa no entendimento dos alunos sobre os conceitos relacionados ao lançamento de projéteis, especialmente no que diz respeito ao impacto das variáveis iniciais do lançamento.

O simulador se destaca em comparação com outros simuladores, como os do PhET, devido a funcionalidades exclusivas. Entre elas, a opção de salvamento de dados diretamente no dispositivo do usuário, permitindo um melhor registro e análise dos experimentos. Além disso, a função de variabilidade acrescenta uma abordagem mais experimental à simulação, tornando os resultados mais próximos dos obtidos em um experimento real.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O simulador virtual para o estudo do movimento de projéteis desenvolvido neste trabalho demonstrou ser uma ferramenta eficaz para o ensino de lançamento de projéteis. Através de uma interface intuitiva e da manipulação das variáveis iniciais, como velocidade, ângulo de lançamento e resistência do ar, os alunos puderam visualizar, experimentar e entender de forma mais clara os fenômenos físicos envolvidos.

Os resultados obtidos através da aplicação de questionários de pré-teste, teste e pós-teste demonstraram que o simulador teve um impacto positivo na compreensão dos conceitos pelos alunos, promovendo uma melhor conexão entre teoria e prática. No pré-teste, muitos alunos apresentaram dificuldades em compreender a influência das variáveis do lançamento, como o efeito da gravidade e da resistência do ar. No entanto, após a utilização do simulador, foi possível observar uma melhoria considerável no desempenho dos alunos, refletida em respostas mais assertivas nas questões relacionadas a esses fenômenos.

O simulador desenvolvido foi altamente aprovado pelos alunos, tanto em sua eficácia quanto na sua utilização para uma aprendizagem mais significativa. A combinação entre teoria e prática, juntamente com a oportunidade de realizar experimentos virtuais, facilitou a compreensão de conceitos complexos e contribuiu para um melhor desempenho dos estudantes. Dessa forma, o simulador desenvolvido neste trabalho se mostrou uma excelente ferramenta para o ensino.

Assim, este trabalho mostrou-se relevante ao proporcionar uma ferramenta pedagógica interativa para o ensino do lançamento de projéteis, contribuindo significativamente para a aprendizagem significativa dos conceitos de física. Espera-se que esta iniciativa inspire novas abordagens educacionais e fomente o desenvolvimento de ferramentas inovadoras no ensino de ciências.

Por fim, futuros estudos podem explorar a ampliação das funcionalidades do simulador, como a inclusão de novos cenários físicos. Além disso, a implementação de novos recursos interativos e pesquisas comparativas com métodos tradicionais podem fortalecer sua aplicação no ensino de física.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. S. et al. O uso de simuladores virtuais educacionais e as possibilidades do PhET para a aprendizagem de Física no Ensino Fundamental. Revista de Ensino de ciência e matemática, v.12, n.3, 2021. Disponível em: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/509/5092220023/html/>. Acesso em: 28 de ago. de 2024.

BANDA, H. J.; NABAHIMANA, J. Effect of integrating physics education technology simulations on students conceptual understanding in physics: A review of literature, Physical Review Physics Education Research, v 17 p. 023108, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>. Acesso em: 20 de ago. de 2024.

BULEGON, Ana Marli; MUSSOI, Eunice Maria. Pressupostos pedagógicos de objetos de aprendizagem. Objetos de Aprendizagem: teoria e prática. Porto Alegre: Evangraf, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/102993/000937201.pdf#page=55>. Acesso em: 11 de mar. de 2025.

CAVALCANTE, Paulo Sérgio de Oliveira et al. Uso de simuladores virtuais no ensino de física. 2021. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/14825/1/Uso%20de%20simuladores%20virtuais%20no%20ensino%20de%20f%C3%ADsica.pdf>. Acesso em: 11 de mar. de 2025.

CARVALHO, Daiane Aparecida Costa; DE LIMA, Marcio Roberto. Formação de professores para o uso pedagógico das tecnologias digitais de informação e comunicação. Anais CIET: Horizonte, 2018. Disponível em: <https://ciet.ufscar.br/submissao/index.php/ciet/article/view/1953/1971>. Acesso em: 11 de mar. de 2025.

CARVALHO, A. et al. Objetos Digitais de Aprendizagem no Ensino de Física Básica: Um estudo de caso com simuladores virtuais em uma escola de ensino público estadual. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, v.17, n.3, 2019. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/99481/55654>. Acesso em: 28 de ago. de 2024.

DA SILVA, Leo Victorino. Tecnologias digitais de informação e comunicação na educação: três perspectivas possíveis. *Revista de Estudos Universitários-REU*, v. 46, n. 1, p. 143-159, 2020.

DE SOUZA FILHO, Geraldo Felipe. Simuladores computacionais para o ensino de física básica: uma discussão sobre produção e uso. 2010. Disponível em: https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2010_Geraldo_Felipe/dissertacao_Geraldo_Felipe.pdf. Acesso em: 11 de mar. de 2025.

DOS SANTOS, Laís Nascimento et al. As tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC) aplicadas nas metodologias de ensino híbrido e gamificação. *Anais CIET: Horizonte*, 2020. Disponível em: <https://ciet.ufscar.br/submissao/index.php/ciet/article/view/499/500>. Acesso em: 11 de mar. de 2025.

FREIRE, W. H. C. et al. Lançamento oblíquo com resistência do ar: Uma análise qualitativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.38, n.1, p.1306, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11173812085>. Acesso em: 28 de ago. de 2024.

GODINHO, G. M. O uso de tecnologias no ensino de física. 2021. Licenciatura em física – Universidade de Uberaba, Santa Maria Do Suaçuí, 2021. Disponível em: <https://dspace.uniube.br:8443/bitstream/123456789/1780/1/12120986.pdf>. Acesso em: 28 de ago. de 2024.

GREIS, L. K.; REATEGUI, E. Um simulador educacional para disciplina de física em mundos virtuais. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, v.8, n.2, 2010. Disponível

em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/15220/8984>. Acesso em: 28 de ago. de 2024.

KLEIN, D. R.; CANEVESI, F. C. S.; FEIX, A. R.; GRESELE, J. F. P.; WILHELM, E. M. de S. Tecnologia na educação: evolução histórica e aplicação nos diferentes níveis de ensino. EDUCERE - Revista da Educação, Umuarama, v.20, n.2, p.279-299, jul./dez. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/345870598>. Acesso em: 28 de ago. de 2024.

LIMA, Ivonaldo Pereira de. Prática docente com uso das tecnologias digitais da informação e comunicação: possibilidades e limites. 2015. Disponível em: <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/1654>. Acesso em: 11 de mar. de 2025.

LOPES, José Soares; DA SILVA SILVA, Aline Gomes; DE SOUZA, Gustavo Fontoura de Souza. Ensino de Física com uso de Simuladores Virtuais: Potencial de utilização em sala de aula. HOLOS, v. 1, n. 39, 2023. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/download/14365/3514>. Acesso em: 11 de mar. de 2025.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.24, n.2, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/4gsZ3kVfMKNxGzMcyRBZzFq/>. Acesso em: 28 de ago. de 2024.

MIRANDA, Eder; CARVALHO, Hercilia Pereira; , Shalimar Calegari. Objetos Educacionais para o ensino de Física: o uso de simulador para o ensino de lançamento oblíquo e horizontal. Ensino e Tecnologia em Revista, v. 7, n. 2, p. 600-610, 2023. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/etr/article/view/16774>. Acesso em: 11 de mar. de 2025.

MONTEIRO, M. A. A. O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v.16, n.1, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4334/2900>. Acesso em: 31 de maio de 2023.

Novacoski, M. P., & dos Reis, P. J. Os simuladores como objeto de aprendizagem nos conteúdos de Física Moderna e Astronomia.

NEGREIROS, S. G.; Oliveira, G. F. B.; MESQUITA, M. D. A. Proposta de construção de um kit de bancada com impressão 3D e automação para o ensino de lançamento de projétil. *A Física na Escola (Online)*, v. 19, p. 109-117, 2021.

Nery, C.; Britto, V. Internet já é acessível em 90,0% dos domicílios do país em 2021. IBGE 16 set. 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/>. Acesso em: 19 de julho de 2023.

OLIVEIRA, Cícera Janete Alves de; PAULINO, Otávio Floriano. Sequência didática no estudo de distância entre dois pontos. *Revista Cocar*, v. 20, n. 38, p. 1-17, 2024. ISSN: 2237-0315. Universidade do Estado do Pará, Belém-Pará, Brasil.

PhET – Physics Education Technology. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2025.

SCHUARTZ, Antonio Sandro; SARMENTO, Helder Boska de Moraes. Tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) e processo de ensino. *Revista katálisis*, v. 23, p. 429-438, 2020.

SELME, R.; DIMENSTEIN, G.; COSTA, A. Escola sem aula. São Paulo: Papirus, 2004.

SERRANO, Agostinho; ENGEL, Vivian. Uso de simuladores no ensino de física: um estudo da produção gestual de estudantes universitários. *RENTE*, v. 10, n. 1,

2012. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/30868/19224>. Acesso em: 02 mar. 2025.

STEWART, James; CLEGG, Daniel; WATSON, Saleem. Cálculo v.1. 6. ed. Porto Alegre: +A Educação - Cengage Learning Brasil, 2021. E-book. p.ix. ISBN 9786555584097. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786555584097/>. Acesso em: 02 mar. 2025.

Tarouco, L. M. R., Costa, V. M. D., Avila, B. G., Bez, M. R., & Santos, E. F. D. (2014). *Objetos de Aprendizagem: teoria e prática*.

APÊNDICE 1

Pré-teste

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO SIMULADOR DE LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS

Prezado(a) participante, este questionário tem como objetivo avaliar a eficácia do simulador desenvolvido no âmbito de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do discente ANTÔNIO RÔMULO DANTAS RODRIGUES do curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, orientado pelo professor Sharon Dantas da Cunha. Suas respostas são confidenciais e serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos.

* Indica uma pergunta obrigatória

1. E-mail *

2. Nome *

3. 1) Você já utilizou algum simulador de física? *

Marcar apenas uma oval.

☐ sim, no ensino médio

☐ sim, no ensino superior

☐ nunca utilizei

☐ não sei o que é

4. 2) Você chuta uma bola com um certo ângulo e velocidade inicial. A bola atinge uma altura máxima de 4 metros e chega no pé do seu colega que está a uma distância de 6 metros. A aceleração da gravidade influencia o movimento da bola? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim, somente na direção vertical;
- ☐ Sim, somente na direção horizontal;
- ☐ Sim, na direção horizontal e vertical
- ☐ Não influencia no movimento.

5. 3) O ar está ao nosso redor e influencia o movimento dos objetos, e a situação do item 2) sofre a influencia da resistência do ar. Em relação a situação do item 2), "sem a resistência do ar" e com a mesmo ângulo e velocidade inicial, a bola alcançaria: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A mesma distância horizontal e altura máxima.
- ☐ Uma altura maior que 4 metros, e uma distância horizontal maior que 6 metros.
- ☐ Uma altura maior que 4 metros, e uma distância horizontal menor que 6 metros.
- ☐ Uma altura maior que 4 metros, e uma distância horizontal igual a 6 metros.
- ☐ Uma altura igual a 4 metros, e uma distância horizontal maior que 6 metros.
- ☐ Uma altura igual a 4 metros, e uma distância horizontal menor que 6 metros.
- ☐ Uma altura menor que 4 metros, e uma distância horizontal maior que 6 metros.
- ☐ Uma altura menor que 4 metros, e uma distância horizontal menor que 6 metros.
- ☐ Uma altura menor que 4 metros, e uma distância horizontal igual à 6 metros.

6. 4) O que acontece com a velocidade quando ela atinge a altura máxima? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Seu módulo é nulo
- ☐ As componentes x e y da velocidade são nulas
- ☐ A componente x da velocidade é nula
- ☐ A componente y da velocidade é nula
- ☐ Ambas as componentes são nulas
- ☐ Nada acontece

7. 5) O ângulo inicial, medido entre o início da trajetória e a chão, influencia na altura máxima considerando que a bola consegue sair com a mesma velocidade em módulo? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim *Pular para a pergunta 8*
- ☐ Não *Pular para a pergunta 9*

SEÇÃO 2

8. Qual o valor do ângulo inicial entre 0 e 90°, para o qual a bola atinge a altura máxima?

SEÇÃO 3

- 6) O ângulo inicial, medido entre o início da trajetória e a chão, influencia no alcance considerando que a bola consegue sair com a mesma velocidade em módulo? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim *Pular para a pergunta 10*
- ☐ Não *Pular para a pergunta 11*

SEÇÃO 4

9. Qual o valor do ângulo inicial entre 0 e 90°, para qual a bola atinge o máximo valor do alcance?

SEÇÃO 5

10. 7) Imagine que você esteja na lua e consiga chutar a bola com a mesmo ângulo e velocidade inicial, $g=1,67 \text{ m/s}^2$. Em relação a situação do item 2), que a bola atinge uma altura máxima de 4 metros e chega no pé do seu colega que está a uma distância horizontal de 6 metros. Em relação a altura máxima e o alcance da bola (distância horizontal): *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Serão os mesmos do item 2)
- ☐ Somente o alcance será modificado e será maior
- ☐ Somente o alcance será modificado e será menor
- ☐ Somente a altura máxima será modificada e será maior
- ☐ Somente a altura máxima será modificada e será menor
- ☐ Ambos serão modificados e serão maiores
- ☐ Ambos serão modificados e serão menores
- ☐ Outro: _____

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE 2

Teste

	Universidade Federal Rural do Semi-Árido Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros Departamento de Ciências Exatas e Naturais
Nome:	Matrícula:

Prezado(a) participante, esta folha tem como objetivo auxiliar o estudo do simulador desenvolvido no âmbito de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do discente ANTÔNIO RÔMULO DANTAS RODRIGUES do curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, orientado pelo professor Sharon Dantas da Cunha. Suas respostas são confidenciais e serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos.

- 1) Use o simulador para visualizar o comportamento das trajetórias, valor da distância horizontal (alcance, posição de impacto), tempo de voo (tempo que o projétil permanece no ar), para as seguintes situações:
 - a. Velocidade inicial constante, e 3 valores diferentes de ângulos iniciais;
 - b. Ângulo inicial constante, e diferentes velocidades iniciais;

Para a análise dessas situações, use o botão “PRÓXIMO LANÇAMENTO”

Responda o problema abaixo e use o simulador para encontrar o tempo que o projétil permanece no ar, a distância horizontal (posição de impacto), e a altura máxima do projétil.

- 2) Uma pedra é lançada por uma catapulta no solo no instante $t = 0$, com uma velocidade inicial de módulo **A** e ângulo **B** acima da horizontal. (a) Quanto tempo a pedra permanece no ar? (b) Qual o valor do alcance em m? (c) Qual o valor da altura máxima em metros? Quais são os módulos das componentes (d) horizontal e (e) vertical da velocidade quando atinge a altura máxima? (f) Use o botão “SALVA TELA” para salvar as configurações do problema e as respostas que o simulador forneceu. (g) Use um valor de b/m diferente de zero, e descreva o que aconteceu? Dica: Não esqueça: que na horizontal o movimento é uniforme, e na vertical é acelerado. Use $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e $x_0=0$;
- 3) A catapulta está numa altura diferente de zero, o que mudou em relação ao item 2? E em relação a forma de resolver?

APÊNDICE 3

Pós teste

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO SIMULADOR DE LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS

Prezado(a) participante, este questionário tem como objetivo avaliar a eficácia do simulador desenvolvido no âmbito de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do discente ANTÔNIO RÔMULO DANTAS RODRIGUES do curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, orientado pelo professor Sharon Dantas da Cunha. Suas respostas são confidenciais e serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos.

* Indica uma pergunta obrigatória

1. E-mail *

2. Nome *

3. 1) As respostas do pré-teste foram modificaram após a utilização do simulador? *

Marcar apenas uma oval.

☐ SIM

☐ NÃO

4. 2) Quais são as variáveis que influenciam a trajetória do projétil? Você pode marcar mais de uma opção. *

Marque todas que se aplicam.

☐ Ângulo inicial

☐ Velocidade Inicial

☐ Aceleração da Gravidade

☐ Resistencia do Ar

☐ Altura Inicial

☐ Outro:

5. 3) A utilização do simulador ajudou a visualizar a influência das variáveis do item 2) no movimento de projéteis. Em relação a essa afirmação: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Aprovo fortemente (AF)
☐ Aprovo (A)
☐ Neutro (N)
☐ Desaprovo (D)
☐ Desaprovo fortemente (DF)

6. 4) Como o conhecimento do movimento oblíquo pode ser aplicado em situações reais, como esportes ou engenharia? Dê exemplos. *

7. 5) O simulador ajudou a compreender melhor o movimento de projéteis. Sua opinião em relação a essa afirmação: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Aprovo fortemente (AF)
☐ Aprovo (A)
☐ Neutro (N)
☐ Desaprovo (D)
☐ Desaprovo fortemente (DF)

8. 6) Qual a vantagem de usar o simulador? *

9. 7) O simulador ajudou a conectar conceitos teóricos com a prática. Sua opinião * em relação a essa afirmação:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Aprovo fortemente (AF)
☐ Aprovo (A)
☐ Neutro (N)
☐ Desaprovo (D)
☐ Desaprovo fortemente (DF).

10. 8) A visualização da trajetória e a manipulação das variáveis no simulador *
contribuíram para o seu entendimento do movimento de projéteis. Sua opinião
em relação a essa afirmação:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Aprovo fortemente (AF)
☐ Aprovo (A)
☐ Neutro (N)
☐ Desaprovo (D)
☐ Desaprovo fortemente (DF).

11. 9) A interface do simulador foi fácil de usar. Sua opinião em relação a essa afirmação: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Aprovo fortemente (AF)
☐ Aprovo (A)
☐ Neutro (N)
☐ Desaprovo (D)
☐ Desaprovo fortemente (DF).

12. 10) Como você avalia o simulador e os resultados obtidos com seu uso? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Aprovo fortemente (AF)
☐ Aprovo (A)
☐ Neutro (N)
☐ Desaprovo (D)
☐ Desaprovo fortemente (DF).

13. 11) Quais aspectos do simulador poderiam ser melhorados? *

14. 12) Você tem sugestões de funcionalidades adicionais que poderiam ser incluídas no simulador? *

15. 13) Você considera que o uso de simuladores em sala de aula é uma ferramenta eficaz para complementar o aprendizado de conceitos teóricos? Justifique *

16. 14) Você gostaria que os simuladores fossem utilizados com mais frequência na sala de aula? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Aprovo fortemente (AF)
☐ Aprovo (A)
☐ Neutro (N)
☐ Desaprovo (D)
☐ Desaprovo fortemente (DF).

Resolução dos itens da folha

17. 15) Você conseguiu calcular os itens do problema 2 e os valores foram iguais ou próximos aos fornecidos pelo simulador? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ SIM, e os valores foram iguais
- ☐ SIM, e os valores foram próximos usando a regra de aproximação
- ☐ Consegui obter parte dos itens, e os valores foram iguais
- ☐ Consegui obter parte dos itens, e os valores foram próximos usando a regra de aproximação
- ☐ Não consegui calcular, pois ainda estou com dúvidas
- ☐ Não consegui calcular, pois não tive tempo

18. 16) Qual a sua opinião sobre usar o simulador e ver a resposta esperada da situação estudada e depois fazer o cálculo? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Aprovo fortemente (AF)
- ☐ Aprovo (A)
- ☐ Neutro (N)
- ☐ Desaprovo (D)
- ☐ Desaprovo fortemente (DF).

19. 17) Envie a imagem obtida no item 2 da folha que foi entregue. *

Arquivos enviados:

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários