



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus de Ponta Grossa



**PROPOSTA DE ENSINO: SIMULAÇÕES DE EXPERIMENTOS FÍSICOS
UTILIZANDO O SOFTWARE ALGODOO**

Eloá Dei Tós Germano
Marcos Cesar Danhoni Neves

PONTA GROSSA
2016

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Interface Interações digitais no Ensino de Física	6
Figura 2: Interface inicial do <i>Software Algodoo</i>	7
Figura 3: Elementos 2D e análise gráfica.....	8
Figura 4: Informações sobre os círculos desenhados (massa e densidade) para realização de experimento de queda livre	11
Figura 5: Componente vetorial (Força peso), instante antes de serem abandonados	11
Figura 6: Corpos em queda livre sob a influência da resistência do ar	12
Figura 7: Corpos em queda livre sob a resistência do ar chegando ao solo	13
Figura 8: Corpos em queda livre no vácuo.....	14
Figura 9: Corpos em queda livre no vácuo chegando ao solo no mesmo instante ...	14
Figura 10: Plano Inclinado de Galileu.....	17
Figura 11: Construção do plano inclinado	19
Figura 12: Experimento do plano inclinado com as componentes vetoriais selecionadas	20
Figura 13: Rampa formada por dois planos inclinados e um arco.....	21
Figura 14: Rampa para o estudo da Energia Mecânica	22
Figura 15: Estrutura do pêndulo simples	24
Figura 16: Pêndulo Simples e grandezas vetoriais	25
Figura 17: Pêndulo Simples em movimento.....	26
Figura 18: Reconstrução do esboço realizado por Galileu	27
Figura 19: Pêndulo Simples interrompido por um prego	28
Figura 20: Representação do experimento realizado por Galileu.....	29
Figura 21: Interação da rampa com o pêndulo.....	29
Figura 22: Opção de rastro de trajetória.....	31
Figura 23: Velocidade de lançamento	32
Figura 24: Lançamento oblíquo 15°	33
Figura 25: Testes no lançamento oblíquo	33

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	4
2 MODELAGEM DOS EXPERIMENTOS	6
2.1 QUEDA LIVRE.....	8
2.1.1 Sugestões à modelagem do experimento.....	15
2.2 PLANO INCLINADO.....	15
2.2.1 Sugestões à modelagem do experimento.....	22
2.3 PÊNDULO.....	23
2.3.1 Sugestões à modelagem do experimento.....	30
2.4 LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS.....	30
2.4.1 Sugestões à modelagem do experimento.....	34
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS	36

1 APRESENTAÇÃO

A mecânica é considerada uma das partes mais importantes da física, pois a partir da sua compreensão é possível estabelecer relações conceituais entre as demais áreas, além de proporcionar aos professores certa facilidade para a identificação das concepções prévias e dos erros conceituais frequentemente presentes nas estruturas cognitivas dos alunos.

Um dos principais motivos que nos levou a trabalhar esse conteúdo foi o anseio dos indivíduos possuírem uma compreensão correta dos conceitos básicos de mecânica que envolvem força, movimento e repouso, devido a sua influência em outros ramos da física.

Outro motivo que nos levou a trabalhar o tema em questão foi a frequência com que este conteúdo é utilizado em nosso cotidiano, mesmo que os alunos não possuam essa percepção. Sendo que na maioria das vezes esses conceitos são compreendidos de maneira errada, do ponto de vista do conhecimento científico. Por isso, além dos objetivos conceituais e da identificação das concepções prévias, é necessário que os professores promovam discussões e reflexões sobre a implicação dos conteúdos trabalhados em sala de aula utilizando tecnologias e materiais adequados.

Conhecendo a importância das atividades experimentais para a compreensão dos conceitos físicos, a escolha da utilização do *software Algodoo* para a realização dos experimentos no presente trabalho ocorreu devido ao leque de possibilidades que um *software* de simulação oferece, permitindo que os educandos testem e interpretem suas possibilidades, hipóteses e representações mentais a respeito de determinado fenômeno, antes mesmo de realizarem e conhecerem um método matemático para a resolução de problemas.

Dispor de um *software* de simulação em sala de aula permite aos professores inúmeras maneiras de demonstrar e testar as hipóteses e interferências para os fenômenos físicos, podendo sempre adequar suas práticas pedagógicas a fim de promover uma aprendizagem significativa.

Dentro deste contexto e das subdivisões da disciplina, o conteúdo de mecânica foi selecionado para servir como instrumento de pesquisa. Dessa forma, foram aplicadas dez simulações em sala de aula, que envolveram conceitualmente

noções de velocidade, aceleração, força, movimentos horizontais, queda dos corpos, lançamento oblíquo e gravitação.

Os experimentos foram selecionados devido a sua relevância histórica e conceitual para a construção do conhecimento científico. Para a aplicação das simulações, os experimentos foram (re)conceitualizados sobre o foco da aprendizagem significativa. Essa estratégia permitiu identificar as concepções prévias dos alunos e baseado nelas foi traçado um trabalho a fim de (re)construir os conceitos abordados em suas estruturas cognitivas.

Foram aplicadas no total 10 (dez) simulações em sala de aula durante o primeiro semestre de 2015, das quais 04 (quatro) foram selecionadas para análise da pesquisa devido a sua relevância histórica e conceitual e não pelo desempenho obtido durante a realização das atividades. Antes da aplicação os alunos receberam um treinamento de duas semanas (correspondente a 04 horas/aulas) para que pudessem manusear os comandos básicos do *software* sem muita dificuldade.

A seguir será demonstrado o processo de modelagem computacional utilizando o *software Algodoo* das 04 (quatro) simulações selecionadas sendo elas: Queda Livre; Plano Inclinado; Pêndulo e Lançamento de Projéteis. Para cada uma delas, foi feito uma análise histórica ou conceitual, a fim de capacitar o professor a compreender como funciona a estrutura e o desenvolvimento dos conceitos em questão, além de entender quais as dificuldades e resistências apresentadas pelos alunos na compreensão dos conceitos, pois é necessário que o aluno passe por um processo semelhante ao processo ocorrido no desenvolvimento histórico da ciência, para a verdadeira compreensão dos conceitos (MARTINS, 2007; MATTHEWS, 1995), tendo com o objetivo enriquecer e promover discussões diferenciadas durante a aplicação das atividades.

2 MODELAGEM DOS EXPERIMENTOS

Aqui é realizada uma breve discussão conceitual sobre a construção dos conceitos envolvidos na: Queda livre, Plano inclinado, Pêndulo e Lançamento oblíquo. O presente manual é o produto da dissertação de mestrado e tem como objetivo a divulgação do trabalho realizado e a promoção e divulgação de atividades computacionais no ensino de Física, as simulações e seus roteiros serão disponibilizadas no Blog **Interações digitais no Ensino de Física** (Figura 1), no domínio <http://tecnologiaehistoriadaciencia.blogspot.com.br/>

INTERAÇÕES DIGITAIS NO ENSINO DE FÍSICA

INÍCIO | SOBRE | DOWNLOADS | CONTATO

PÊNDULO
13:02 / Eloá / Nenhum comentário

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{l_1}{l_2}}$$

Equação 1

Uma discussão sobre as Oscilações Pendulares Outra proposta para trabalhar a Conservação da Energia Mecânica, é a discussão realizada por Galileu em seu livro Duas Novas Ciências sobre o Pêndulo Simples, onde relata ter chegado à conclusão de que a proporção entre os tempos de oscilação de corpos...

Sendo que:
 l_1 e l_2 são os comprimentos dos fios;
 T_1 e T_2 são os períodos de oscilação.

Continue Reading →

PLANO INCLINADO
12:24 / Eloá / Nenhum comentário

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{l_2}{l_1}$$

Equação 1

Um pouco de história da ciência: Galileu e o Plano Inclinado Durante os estudos realizados por Galileu a respeito da Queda livre, o plano inclinado teve um papel imprescindível. Em seu livro Duas Novas Ciências, o autor traz uma discussão entre seus

Sendo que:
 v_1 e v_2 são as velocidades dos corpos;
 l_1 e l_2 são os tempos decorridos durante do movimento

Search... SEARCH

POSTAGENS POPULARES

QUEDA LIVRE
Experimento realizado no Software Algodoo, sobre a queda dos corpos sob influência da resistência do ar. Fonte: Experimento virtual co...

PÊNDULO
Uma discussão sobre as Oscilações Pendulares Outra proposta para trabalhar a Conservação da Energia Mecânica, é a discussão realizada por...

PLANO INCLINADO
Um pouco de história da ciência: Galileu e o Plano Inclinado Durante os estudos realizados por Galileu a

Figura 1: Interface Interações digitais no Ensino de Física
Fonte: *Print screen* do blog interações digitais no Ensino de Física

O programa escolhido para a modelagem das simulações foi o *Algodoo by Alogryx versão 2.1.0*. Ele é um *software* de representações gráficas em duas dimensões (2D), que possibilita a construção de simulações de fenômenos físicos através de um ambiente interativo e lúdico. Ele foi desenvolvido e comercializado pela empresa *Algoryx Simulation AB*, e é sucessor de um popular aplicativo de simulações físicas chamado Phun, ele foi lançado em 2009 e é comercializado como uma ferramenta educacional; atualmente o *software* está disponível para download gratuito para Windows, Mac e iPads no endereço: <http://www.algodoo.com>.

O *software Algodoo* possui uma interface dinâmica e criativa como mostra a Figura 2, na qual é possível criar novos elementos e cenários apenas utilizando o cursor, sendo possível puxar, inclinar e chacoalhar os corpos com apenas alguns clicks.

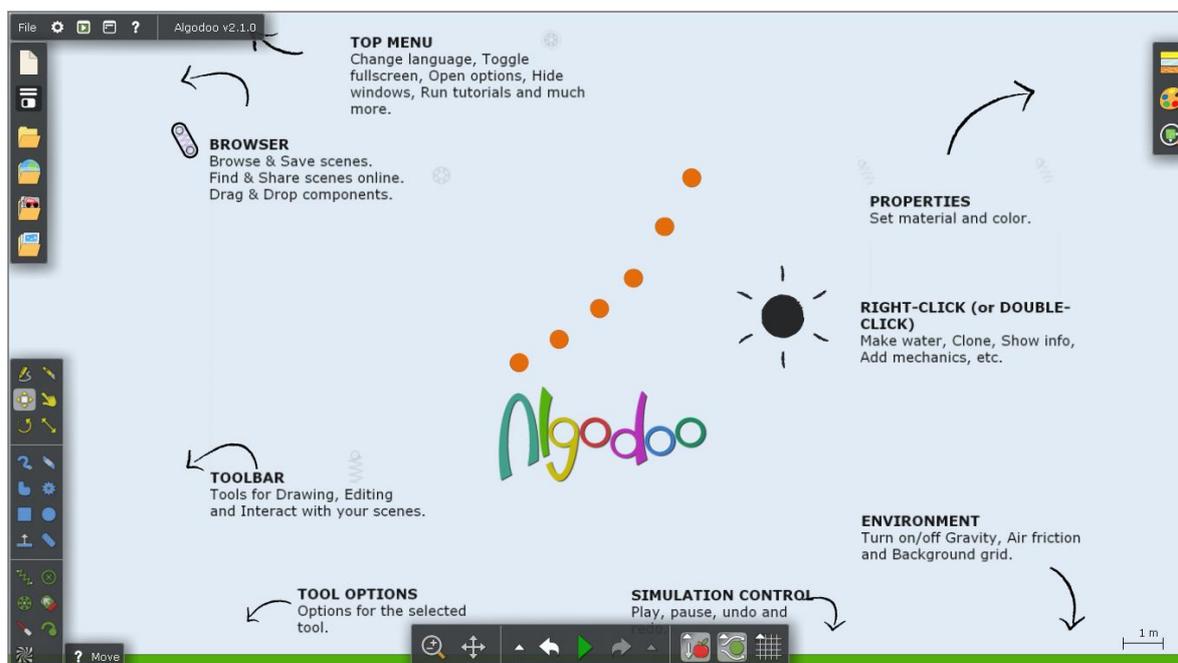


Figura 2: Interface inicial do Software Algodoo

Fonte: *Print screen do Software Algodoo.*

Além disso, é possível trabalhar com corpos rígidos, engrenagens, molas, dobradiças, motores, fluidos, raios de luz, lentes e ótica, tendo sempre a opção de alterar a restituição dos corpos, o atrito com a superfície e com o ar, a força gravitacional, textura, cor, distância e inúmeros outros recursos que permitem ao usuário desenvolver diversas atividades e relacionar a influência das variáveis físicas envolvidas. Outra característica positiva é que o usuário pode alterar a frequência das simulações podendo adequar a capacidade de cada computador.

Para uma análise mais conceitual, o *software* oferece a exibição de gráficos de diversas variáveis, a visualização da trajetória e análise vetorial, Figura 3.

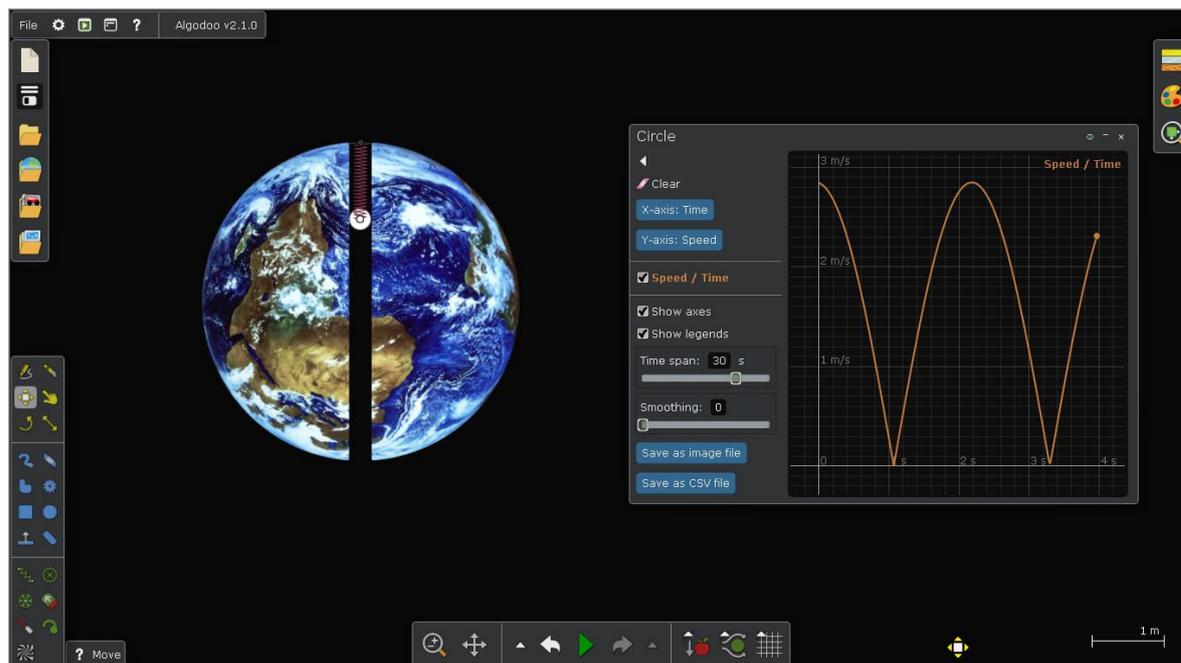


Figura 3: Elementos 2D e análise gráfica

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

A escolha do *Software Algodoo*, para utilização na pesquisa em questão, levou em consideração sua acessibilidade, interface dinâmica e precisões consistentes dos fenômenos físicos. O *software* incentiva a criatividade dos usuários de todas as idades e como sua interface é relativamente mais simples comparado com programas que utilizam uma linguagem de programação mais avançada, permite que usuários de vários níveis escolares, consigam desenvolver diferentes funções de acordo com suas limitações e conhecimentos. Além de proporcionar um ambiente interativo e lúdico, onde o educando pode testar todas as suas hipóteses e configurar da maneira que julgar necessário, podendo também utilizar o programa não só em sala de aula, mas também em casa.

2.1 QUEDA LIVRE

O movimento de Queda dos Corpos é um fenômeno físico observado e discutido a centenas de anos. Segundo Aristóteles (384 – 322 a.C.) existia apenas dois tipos de movimentos naturais: o primeiro para baixo, como a água, terra, e o segundo para cima como o ar e o fogo. Já para Galileu Galilei (1564 – 1642 d.C.) existia apenas um movimento natural, o de cima para baixo, no qual todo corpo é

pesado tendendo naturalmente por efeito da atração gravitacional cair em direção a Terra (DAMPLER, 1986); e esse era o ponto de principal divergência entre as duas teorias apresentadas.

A ciência galileana foi a primeira a conseguir aplicar os métodos de análise matemática aos fenômenos da dinâmica, pois até então eram utilizados apenas para a estática. Porém, essa mudança de concepção não correu rapidamente, ela foi gradativa e passou por diversas etapas.

Geymonat (1997) aponta que a primeira etapa foi a “quebra” da concepção de que qualquer corpo que cai livremente na Terra possui uma velocidade própria (grandeza física proporcional à massa de cada corpo), ou seja, de que durante o movimento de queda os corpos aceleravam apenas nos primeiros instantes, até atingir sua velocidade própria e a partir dela seguiam seu movimento com velocidade constante.

Mais tarde, em uma carta ao frei Paolo, Galileu começa a apresentar provas de ter chegado a uma análise exata da queda dos corpos, estabelecendo uma proporção entre o espaço percorrido e o tempo decorrido durante a trajetória, porém ainda considerava uma proporção direta entre a velocidade do corpo e a distância percorrida.

Repensando acerca das coisas do movimento nas quais, para demonstrar os acidentes por mim observados, faltava um princípio tão completamente indubitável que pudesse ser colocado como axioma, me vi reduzido a uma proposição que tem muito de natural e evidente; e esta suposição, demonstro depois o resto, é que os espaços percorridos pelo movimento natural se dão em proporção dupla dos tempos e, por consequência, os espaços percorridos em tempos iguais são como números ímpares, e as outras coisas. **E o princípio é esse que o móvel natural vá crescendo de velocidade naquela proporção em que se afasta do início de seu movimento** (GEYMONAT, 1997, p.36, grifo nosso).

Somente na terceira etapa foi que Galileu rompeu com as concepções alternativas sobre o movimento dos corpos e formulou o princípio da queda livre, no qual afirmava que a velocidade de um corpo grave cresce diretamente proporcional ao tempo e não ao espaço como pensava anteriormente, independente da diferença de peso.

Galileu atribuía o atrito com o ar sendo o responsável pela diferença de tempo na queda de corpos de massas diferentes de uma mesma altura, porém, como não possuía instrumentos apropriados para realizar o experimento sem a

resistência do ar, manteve seu princípio baseado em teorias e experimentos mentais. Alguns anos após a sua morte, a bomba de vácuo foi inventada, e a teoria de Galileu confirmada experimentalmente, pois ao soltar uma pedra e uma pena as duas chegaram ao mesmo instante ao solo.

Baseado nas mudanças de concepções que ocorreram até o princípio da queda livre ser formulado corretamente, a primeira simulação proposta no presente trabalho teve como objetivo demonstrar a experiência mental supostamente realizada por Galileu, pois, assim como ele e seus antecedentes, os alunos também possuem suas concepções sobre o fenômeno em questão e para que a aprendizagem seja realmente significativa é necessário que os alunos possam testar todas as suas hipóteses, investigar todas as possibilidades e interagir entre eles até que os mesmos consigam determinar a relação entre as grandezas físicas envolvidas nesse movimento.

Para uma melhor compreensão ela será realizada em dois momentos, o primeiro com a resistência do ar assim como realizado por Galileu e o segundo sem a resistência do ar, a fim de verificar a veracidade da teoria. A seguir temos as etapas de montagem e análise deste experimento:

1º Momento:

1ª Etapa: Inicialmente é necessário desenhar três círculos A, B e C (nominados arbitrariamente), sendo dois de mesmo volume, porém massas diferentes e um terceiro com um volume relativamente maior comparado com os dois primeiros, como mostra a Figura 4:



Figura 4: Informações sobre os círculos desenhados (massa e densidade) para realização de experimento de queda livre

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

2ª Etapa: Depois dos corpos estarem modelados, deve-se selecionar a opção vetorial para contribuir com a análise do movimento dos corpos; com essa ferramenta é possível verificar as componentes vetoriais como força peso, velocidade, força normal, força de atrito, e inúmeras outras variáveis.

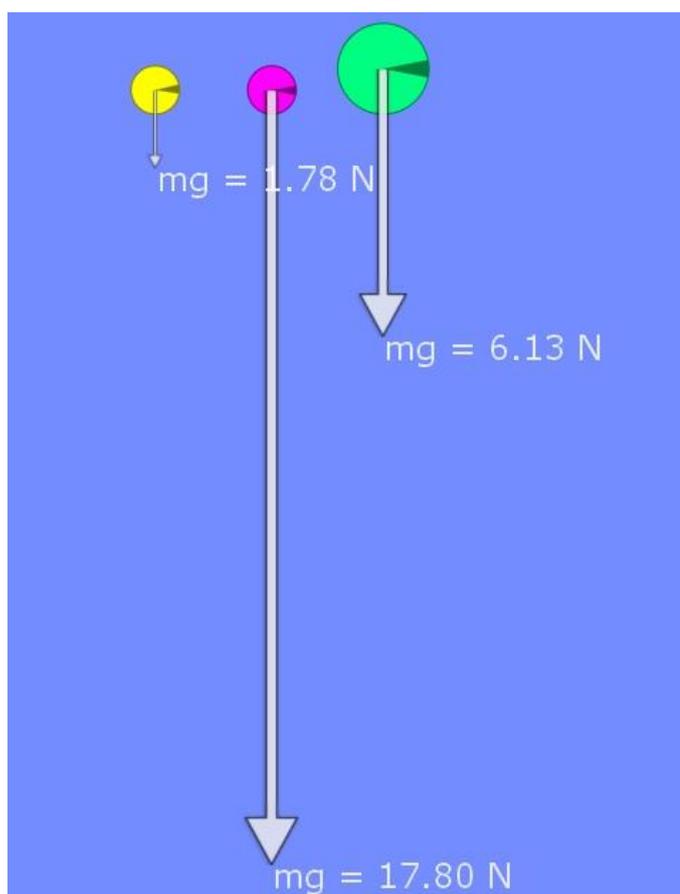


Figura 5: Componente vetorial (Força peso), instante antes de serem abandonados

Fonte: *Print screen* de experimento virtual de queda livre construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

Posteriormente, é necessário suspender os corpos a uma altura arbitrária, assim como mostra a Figura 5, na qual é possível verificar o vetor da força peso atuando sobre cada um dos corpos.

3º Etapa: Depois da altura escolhida e da força gravitacional ativada os copos podem ser abandonados sob a influência da resistência do ar.

A Figura 6 traz os três corpos em queda livre com a interferência da resistência do ar, e com base na análise vetorial é possível identificar os valores das componentes verticais que estão atuando sobre eles, como por exemplo, força peso, velocidade e atrito com o ar. Logo no início da queda, é possível verificar que a velocidade dos corpos em queda sofre interferência do atrito com o ar.



Figura 6: Corpos em queda livre sob a influência da resistência do ar

Fonte: *Print screen* de experimento virtual de queda livre construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

Com base na Figura 7 é possível observar claramente que corpos de massas maiores chegam ao solo instante antes dos demais, assim como previsto por Galileu.

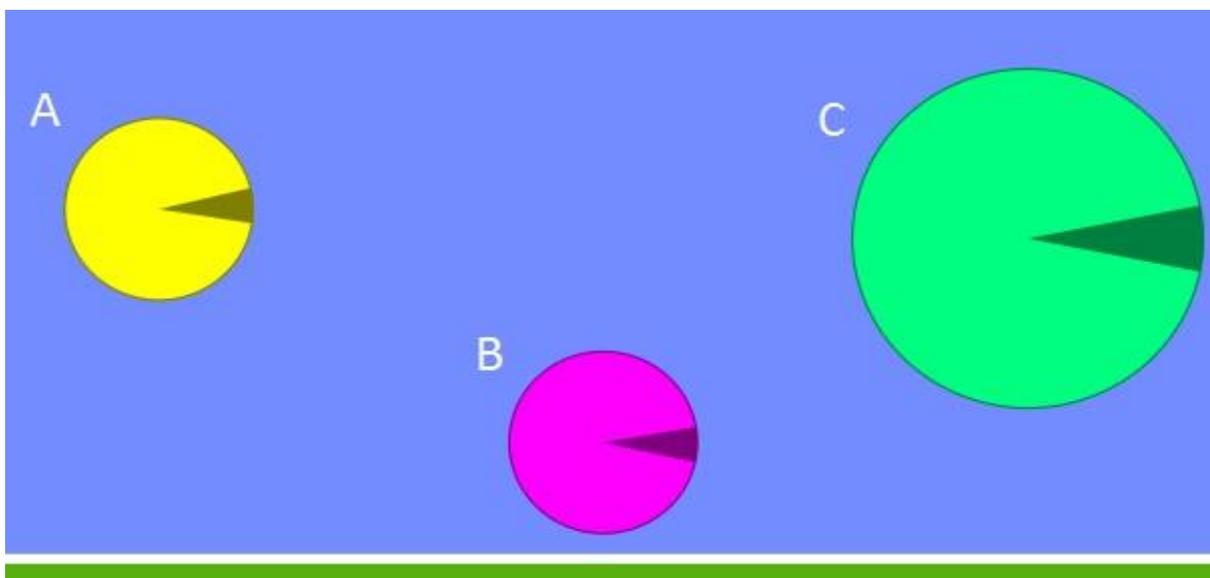


Figura 7: Corpos em queda livre sob a resistência do ar chegando ao solo

Fonte: *Print screen* de experimento virtual de queda livre construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

2º Momento:

1ª Etapa: Para testar e verificar a experiência realizada mentalmente por Galileu, que demonstra a teoria de que corpos de diferentes massas e volumes chegam ao solo com a mesma velocidade, ao serem abandonados de uma mesma altura no vácuo, deve-se suspender novamente os mesmo corpos, porém, a resistência do ar deve ser “desligada”.

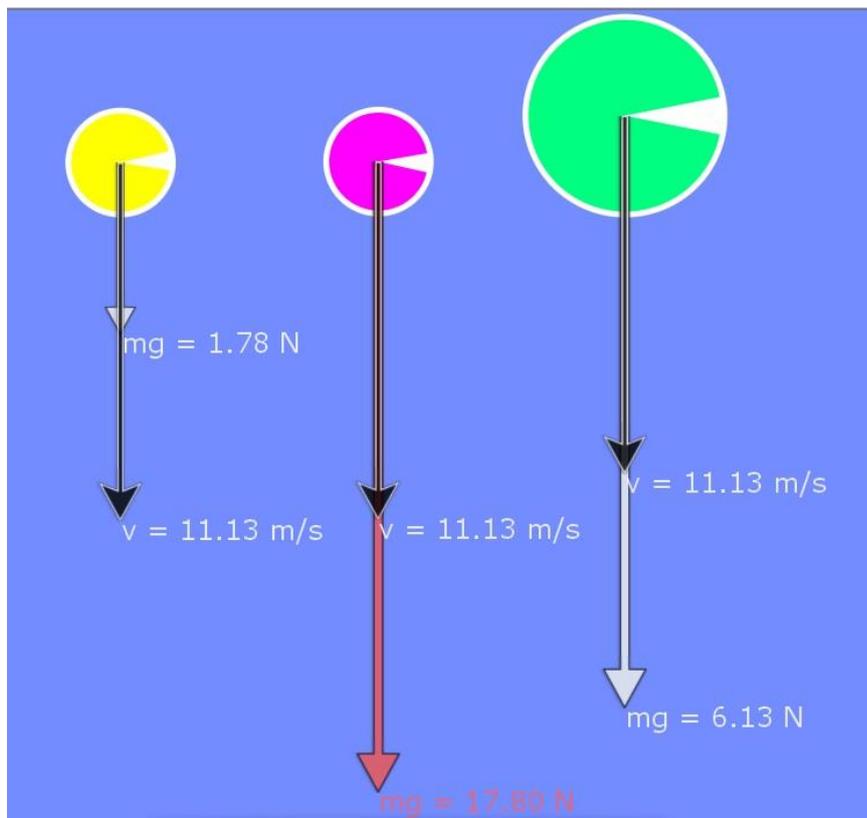


Figura 8: Corpos em queda livre no vácuo

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

É possível verificar pela Figura 8 que, após os corpos serem abandonados de uma mesma altura, a velocidade de queda de cada um deles é exatamente a mesma cada segundo decorrido, ou seja, independente dos valores de seus volumes ou massas a velocidade de queda dos três corpos é a mesma, pois não estão sob a influência da resistência do ar.

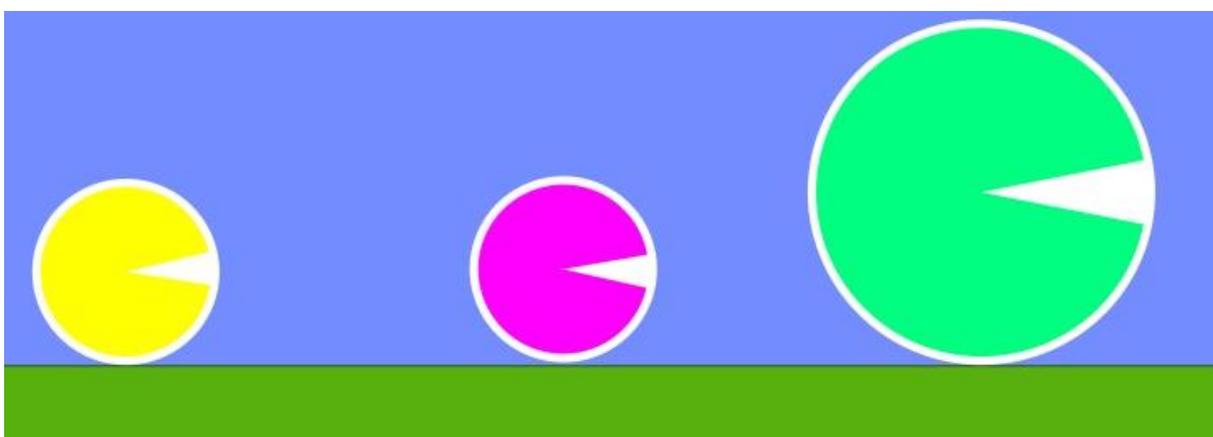


Figura 9: Corpos em queda livre no vácuo chegando ao solo no mesmo instante

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

Assim como descrito por Galileu chegam ao solo no mesmo instante como mostra a Figura 9.

2.1.1 Sugestões à modelagem do experimento

Ao utilizar essa simulação em sala de aula é imprescindível que o professor instigue seus alunos a testarem todas as suas hipóteses, variando os valores das massas, materiais, formatos e volumes dos objetos, para que por meio da simulação consigam identificar as variáveis que influenciam os corpos em queda livre aqui na Terra (ou seja, com a resistência do ar), para que os educandos consigam por meio da experimentação verificar que a velocidade de queda de um corpo depende apenas do tempo de queda e da aceleração da gravidade, e não de sua densidade ou formato.

Por meio desta modelagem é possível testar e verificar a influência de cada variável durante o movimento de queda livre, tanto no vácuo, pois, considerando um ambiente de sala de aula comum seria muito difícil de realizar essa prática sem possuir os equipamentos adequados (bomba de vácuo) para obter uma análise com precisão. Com essa simulação é possível trabalhar em sala de aula além da queda livre, lançamento vertical para baixo, lançamento vertical para cima, transformação de energia, energia dissipada e conservação da energia mecânica.

2.2 PLANO INCLINADO

Durante os estudos realizados por Galileu a respeito da Queda livre, o plano inclinado teve um papel imprescindível. Em seu livro *Dois Novas Ciências*, o autor traz uma discussão entre seus personagens abordando o problema do plano inclinado e demonstra matematicamente que o espaço percorrido por um corpo é proporcional ao quadrado do tempo (GALILEU, 1988).

Para compreender melhor o teorema demonstrado por Galileu, vamos analisar sua definição de movimento acelerado, na qual considera que quando um corpo parte do repouso adquire em tempos iguais momentos iguais de velocidade (GALILEU, 1988), Equação 1.

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{t_2}{t_1}$$

Equação 1

Sendo que:

v_1 e v_2 são as velocidades dos corpos;

t_1 e t_2 são os tempos decorridos durante do movimento.

Considerando então um corpo em queda livre, temos que o espaço percorrido por ele em qualquer instante é igual ao quadrado dos tempos, em termos algébricos:

$$\frac{s_2}{s_1} = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2$$

Equação 2

Onde:

s_1 e s_2 são as distâncias percorridas;

t_1 e t_2 são os tempos decorridos durante do movimento.

Para Galilei, (1988, p.167): “Os graus de velocidade alcançados por um mesmo móvel em planos diferentemente inclinados são iguais quando as alturas desses planos também são iguais”. Para uma melhor compreensão vamos analisar a Figura 10, extraída da obra de Galilei, que mostra três possíveis trajetórias para um corpo partindo do ponto C que ao chegar ao ponto B, D ou A teriam a mesma velocidade independente do trajeto percorrido.

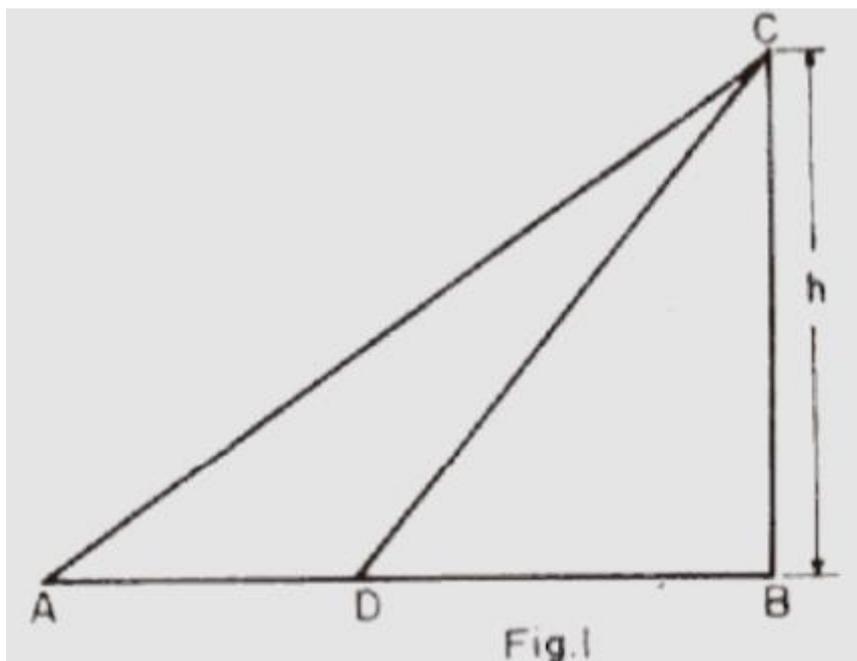


Figura 10: Plano Inclinado de Galileu

Fonte: Galileu, 1988, p.167

O filósofo também analisou planos com alturas iguais e inclinações diferentes e concluiu que a razão dos tempos empregados pra descer os planos diversamente inclinados é igual a razão de seus comprimentos (desde que tenham a mesma altura), é expresso pela Equação 3:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

Equação 3

Onde:

l_1 e l_2 são os comprimentos dos planos inclinados;

t_1 e t_2 são os tempos decorridos durante do movimento.

Galileu considerou também, planos com comprimentos iguais e alturas diferentes, e concluiu que os tempos empregados na descida por planos de mesmo comprimento é igual a proporção inversa das raízes quadradas e suas respectivas alturas (considerando diferentes inclinações), como mostra a Equação 4:

$$\frac{t_1}{t_2} = \sqrt{\frac{h_1}{h_2}}$$

Equação 4

Onde:

h_1 e h_2 são as alturas dos respectivos panos inclinados;

t_1 e t_2 são os tempos decorridos durante do movimento.

Galileu também descreve o experimento supostamente realizado para a elaboração do teorema:

Numa ripa ou, melhor dito, numa viga de madeira com um comprimento aproximado de 12 braças, uma largura de meia braça num lado a três dedos do outro, foi escavada uma canaleta neste lado menos largo com um pouco mais de um dedo de largura. No interior desta canaleta perfeitamente retilínea, para ficar bem polida e limpa, foi colada uma folha de pergaminho que era polida para ficar bem lisa; fazíamos descer por ele uma bola de bronze duríssima perfeitamente redonda e lisa. Uma vez construído o mencionado aparelho, ele era colocado numa posição inclinada, elevando-se sobre o horizonte uma de suas extremidades até a altura de uma ou duas braças, e se deixava descer a bola pela canaleta, anotando como exporei mais adiante o tempo que empregava para uma descida completa; repetindo esta experiência muitas vezes para determinar a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso. Feita e estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas a quarta parte do comprimento total da canaleta; e, medido o tempo de queda, resultava ser rigorosamente igual à metade do outro. Variando a seguir a experiência e comparando o tempo requerido para percorrer todo o comprimento com o tempo requerido para percorrer a metade, ou dois terços ou três quartos, ou qualquer outra fração, por meio de experiências repetidas mais de cem vezes, sempre se encontrava que os espaços percorridos estavam entre si com os quadrados dos tempos e isso em todas as inclinações do plano, ou seja, da canaleta, pela qual se fazia descer a bola. Observamos também que os tempos de queda para as diferentes inclinações mantinham exatamente entre si aquela proporção que, como veremos mais adiante, foi encontrada e demonstrada pelo autor. No que diz respeito à medida do tempo, empregávamos um grande recipiente cheio de água, suspenso no alto, o qual por um pequeno orifício feito no fundo deixava cair um fino fio de água, que era recolhido num pequeno copo durante todo o tempo que a bola descia pela canaleta ou por suas partes. As quantidades de água assim recolhidas eram a cada vez pesadas com uma balança muito precisa, sendo as diferenças e proporções entre os pesos correspondentes às diferenças proporções entre os tempos; e isto com tal precisão que, como afirmei, estas operações, muitas vezes repetidas, nunca diferiam de maneira significativa.

Simplicio: Teria sido grande a satisfação em presenciar tais experiências; contudo, estando certo do seu zelo em efetuar-las e de sua fidelidade em relatá-las, não tenho escrúpulo em aceitá-las como verdadeiras e certas (GALILEU, 1988, p.174-175).

Com base na descrição fornecida por Galileu sobre o experimento do plano inclinado, montamos a seguinte modelagem:

1º Momento:

1ª Etapa: Como ponto de partida é necessário construir um plano inclinado na forma de um triângulo retângulo de inclinação arbitrária como mostra a Figura 11

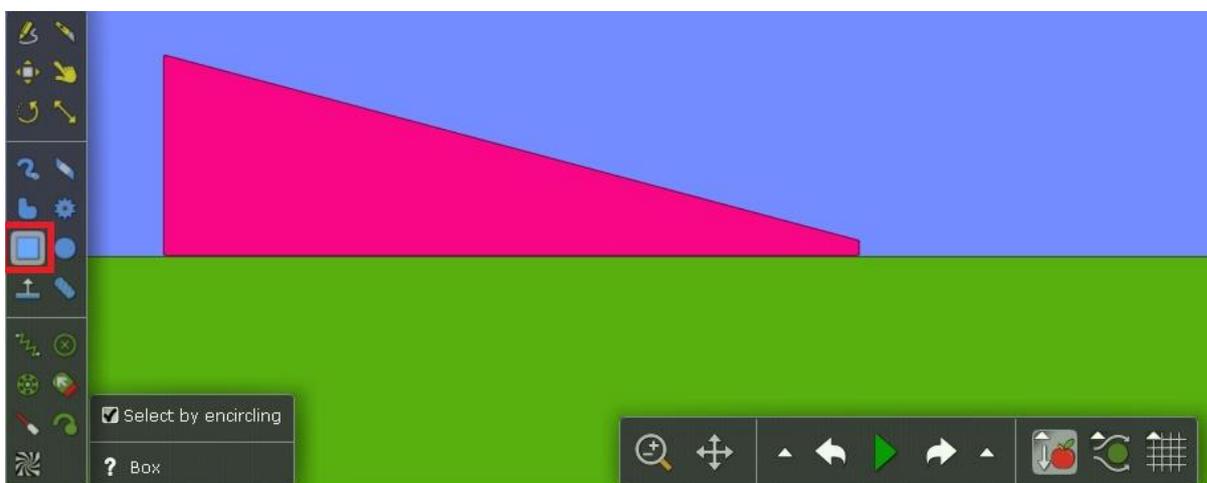


Figura 11: Construção do plano inclinado

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

2ª Etapa: Sobre o plano inclinado deve-se modelar um círculo de massa e volume aleatório e selecionar a opção vetorial, para facilitar a análise das componentes vetoriais, força, normal e velocidade, assim como mostra a Figura 12:

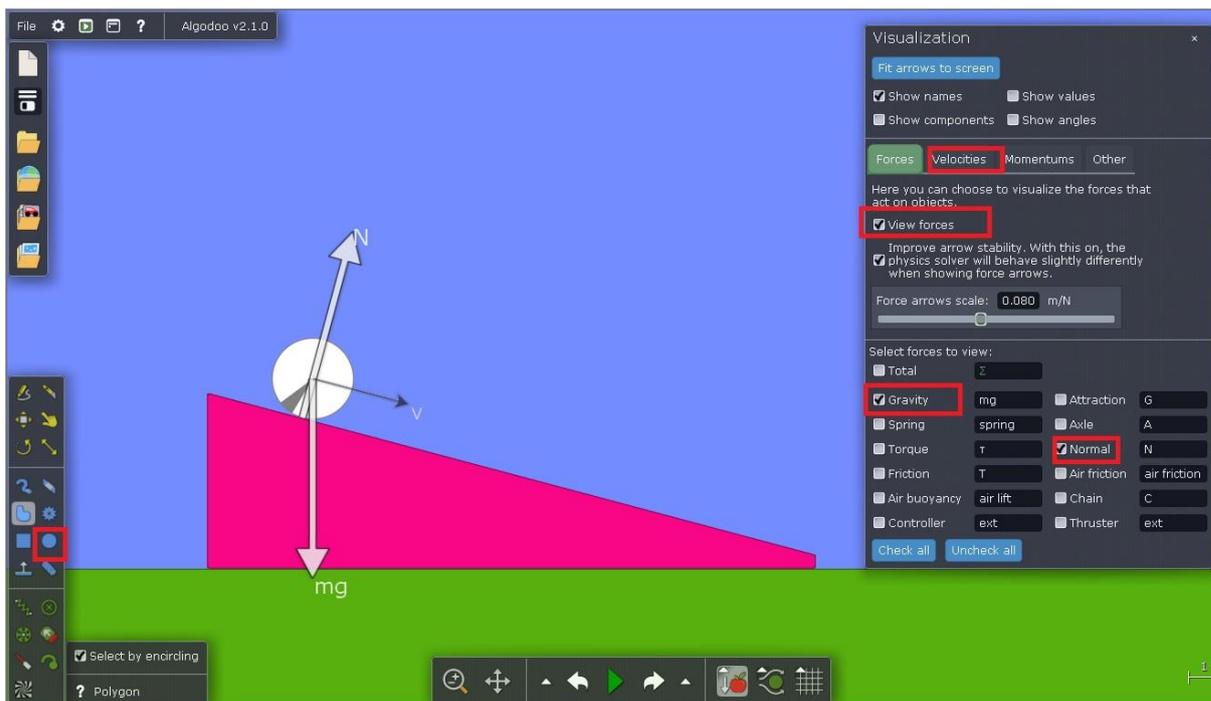


Figura 12: Experimento do plano inclinado com as componentes vetoriais selecionadas
 Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

O experimento pode ser repetido com planos inclinados de diferentes comprimentos e alturas.

2º Momento:

1ª Etapa: Para trabalhar a Energia Mecânica e a sua conservação, é necessário construir uma rampa, para isso, é preciso modelar dois planos inclinados ligados por um arco, de modo que os dois lados tenham a mesma inclinação e a mesma altura, como mostra a Figura 13.

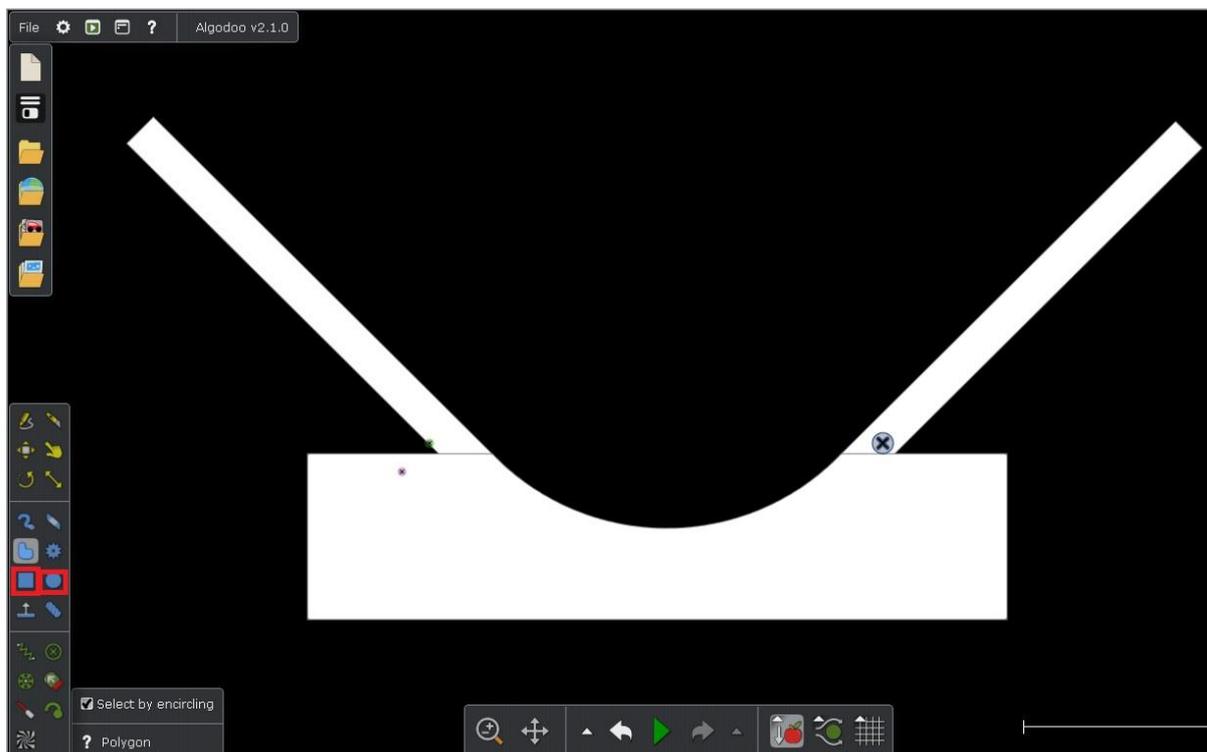


Figura 13: Rampa formada por dois planos inclinados e um arco

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

2ª Etapa: Após a construção da rampa, deve-se colocar sobre o arco uma circulo e tamanho e densidade arbitrários, como mostra a Figura 14 e acionar a opção de análise vetorial.

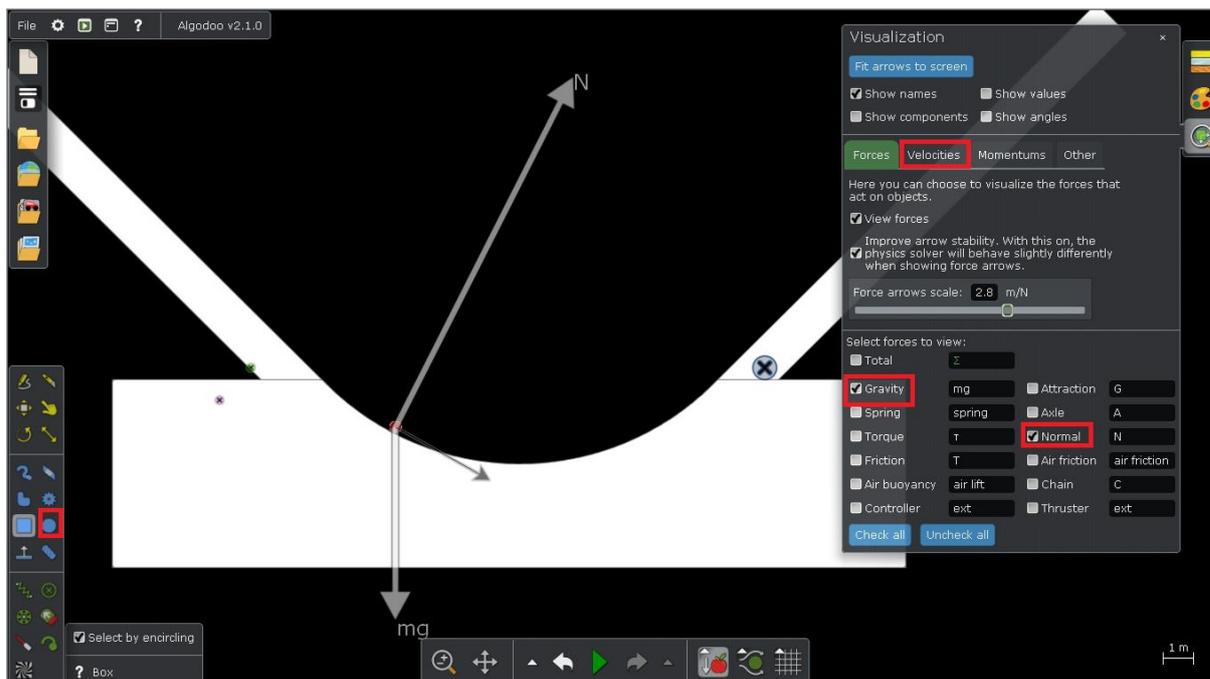


Figura 14: Rampa para o estudo da Energia Mecânica

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

O experimento pode ser realizado com a resistência do ar ou no vácuo, conforme o objetivo da aula.

2.2.1 Sugestões à modelagem do experimento

Ao analisar o movimento do corpo sob o plano inclinado, é imprescindível que o professor incentive os alunos a utilizarem sua criatividade e verificarem suas hipóteses, variando o ângulo de inclinação, alterando ou calibrando a escolha dos vetores, o valor da atração gravitacional, o atrito com o ar, alternado as características físicas do objeto e da superfície do plano inclinado.

Além da força e da velocidade, o plano inclinado permite a análise e reflexão de outras partes da física como, por exemplo, a energia mecânica, por isso, no segundo momento desta simulação foi modelada a seguinte situação.

No segundo momento do experimento todas as características tanto da rampa quanto do corpo que será posto em movimento podem ser alteradas também, desta maneira é possível trabalhar com os alunos a Transformação de Energia (Potencial Gravitacional em Energia Cinética), variando o atrito com o ar e com a superfície, é possível calcular a energia dissipada e, desconsiderando qualquer forma de atrito, é interessante trabalhar a Conservação da Energia Mecânica.

2.3 PÊNULO

Outra proposta para trabalhar a Conservação da Energia Mecânica, é a discussão realizada por Galileu em seu livro *Duas Novas Ciências* sobre o Pêndulo Simples, onde relata ter chegado à conclusão de que a proporção entre os tempos de oscilação de corpos suspensos por fios de diferentes comprimentos estão entre si na mesma proporção que as raízes quadradas dos comprimentos dos fios, como mostra a Equação 5 (GALILEU, 1988), após ter estudado os períodos de oscilação de pêndulos com diversos comprimentos.

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{l_1}{l_2}}$$

Equação 5

Sendo que:

l_1 e l_2 são os comprimentos dos fios;

T_1 e T_2 são os períodos de oscilação.

Outra observação realizada através da experimentação é de que o período de oscilação de um pêndulo simples não depende da massa do corpo suspenso, ela pode ser a mesma para um corpo que possui uma massa cem vezes maior que o outro.

Para a modelagem deste experimento, percorremos as seguintes etapas:

1ª Etapa: É necessário fixar uma base (retangular ou quadrada) a uma certa altura do solo e nela fixar uma corda com um círculo de massa arbitrária em sua outra extremidade Figura 15. A estrutura do Pêndulo Simples pode ser montada com outros objetos, a corda pode ser substituída por uma corrente, porém é necessário que se realize testes a fim de verificar os melhores materiais e seus desempenhos a fim de obter um resultado experimental mais preciso.

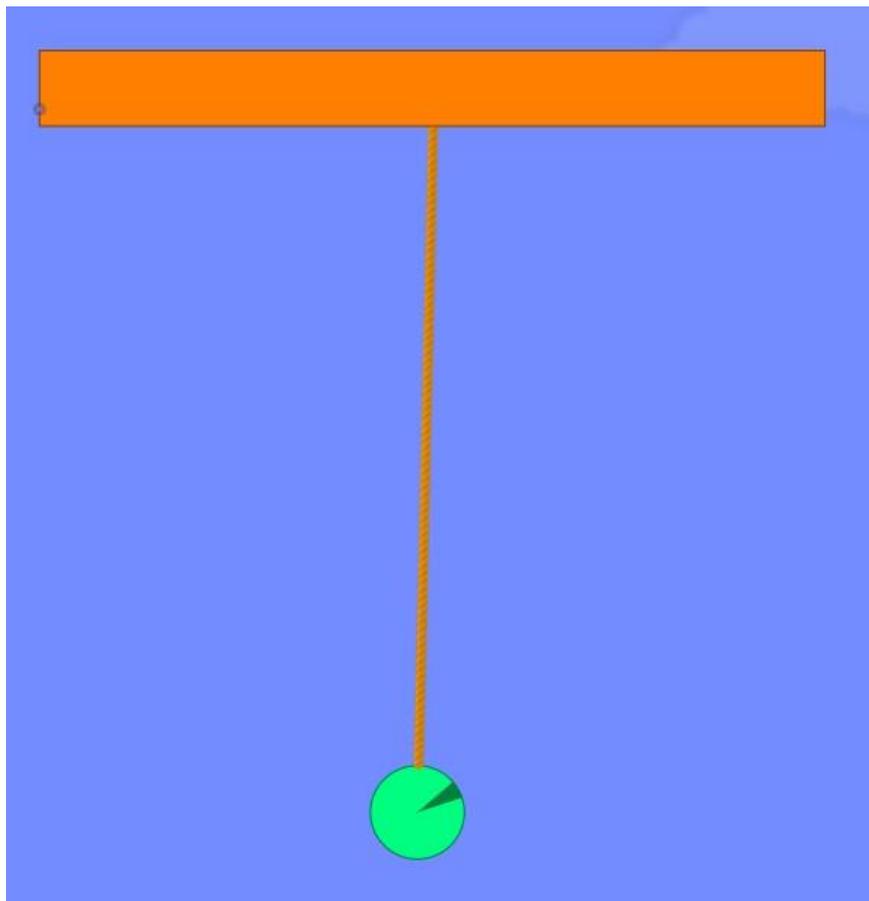


Figura 15: Estrutura do pêndulo simples

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

2ª Etapa: Com a estrutura montada, a opção vetorial deve ser selecionada Figura 16, para que, quando posto em movimento, seja possível realizar uma análise a respeito da Força Peso, Tração, Velocidade e as demais variáveis que forem necessárias.

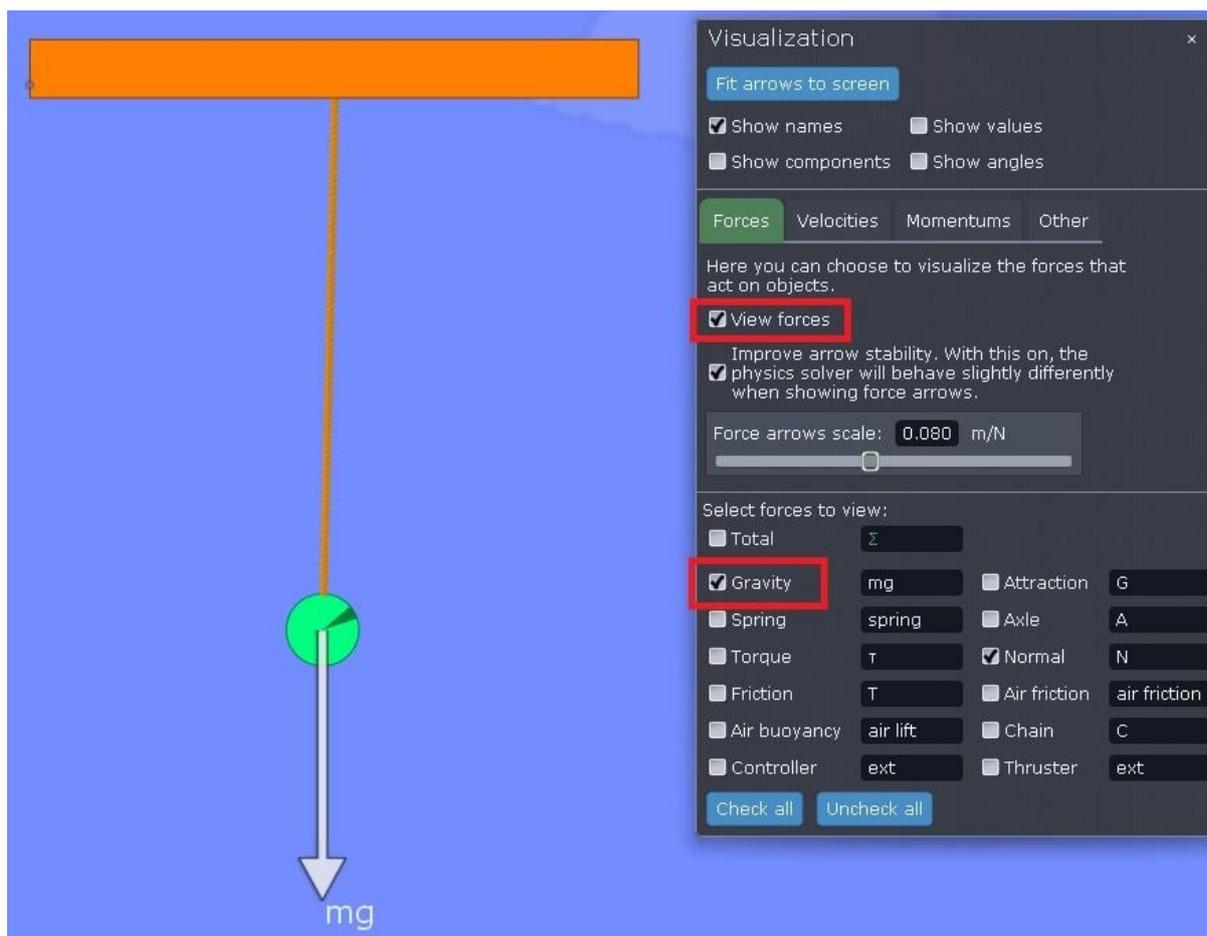


Figura 16: Pêndulo Simples e grandezas vetoriais

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodo*, produzido pela autora.

Para realizar a análise mais clara das variáveis com o corpo em movimento é interessante adicionar o rastro (*attach tracer*) na trajetória do objeto Figura 17. Com base nesta modelagem, é possível trabalhar a Conservação da Energia Mecânica com e sem a resistência do ar. E, além disso, outros conteúdos podem ser envolvidos, como oscilações pendulares, período, frequência dentre outros.

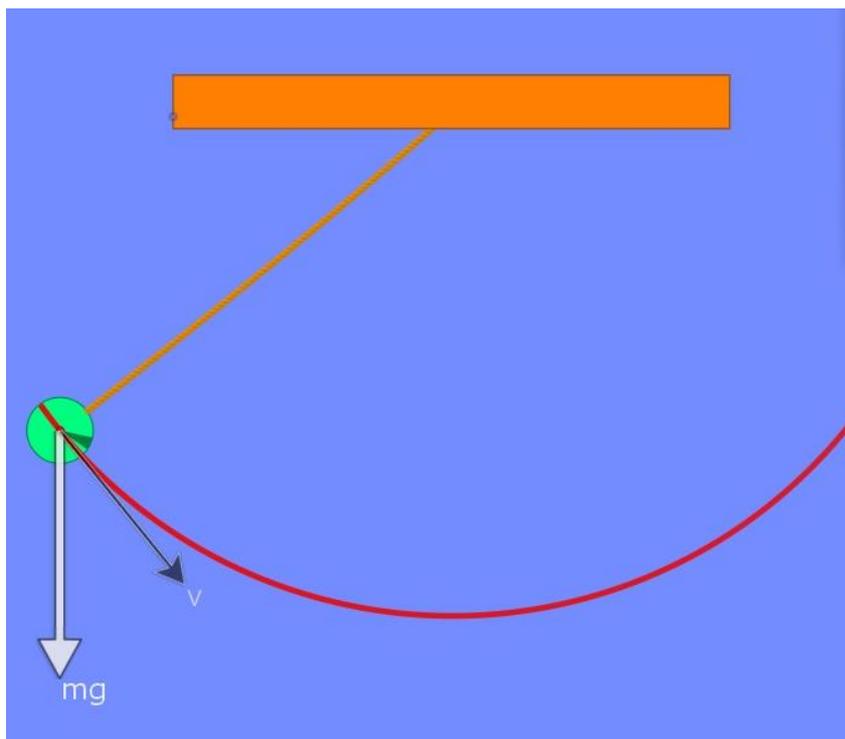


Figura 17: Pêndulo Simples em movimento.

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodo*, produzido pela autora.

Nesta modelagem é possível que a densidade do corpo suspenso seja alterada, assim como seu formato, cor, textura e material; o comprimento do fio e a intensidade da resistência do ar também podem ser alteradas, a fim de verificar e compreender a relação de cada uma dessas variáveis durante a oscilação do pêndulo.

Além do estudo do pêndulo simples, Galileu estendeu suas discussões sobre oscilações pendulares por um pêndulo interrompido por um prego e como mostra a Figura 18 realizou a análise o comportamento das oscilações pendulares nessa situação.

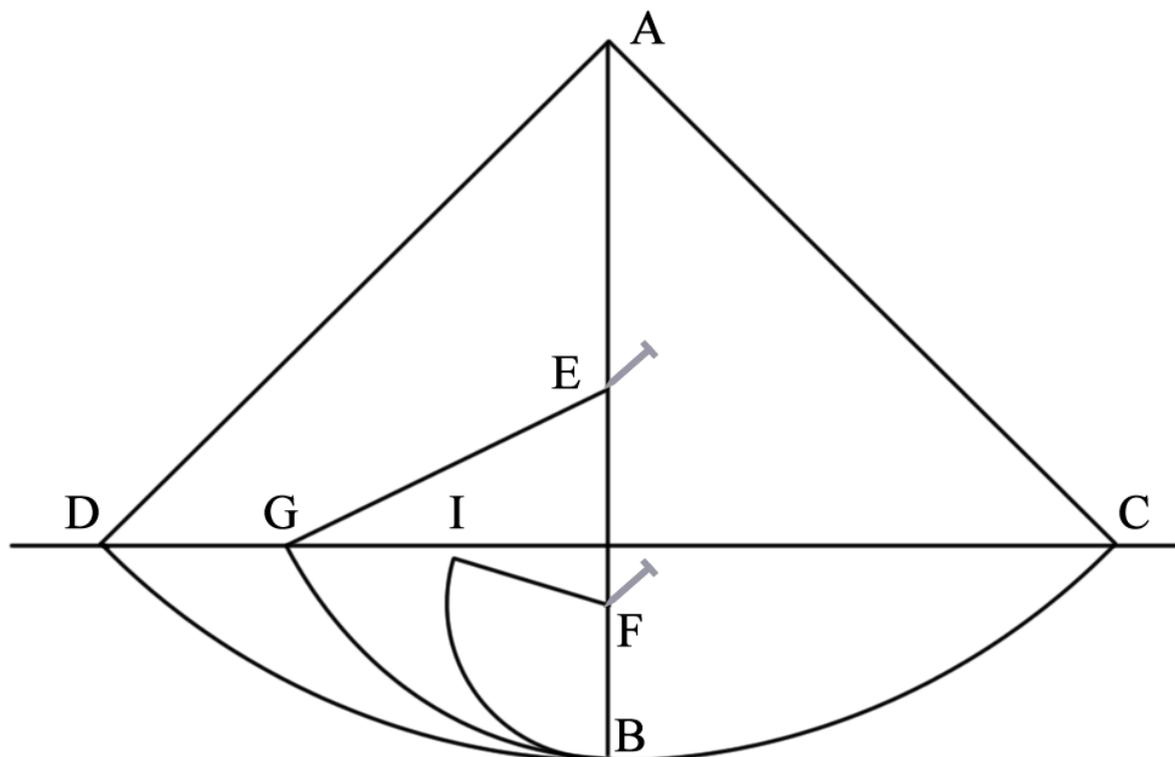


Figura 18: Reconstrução do esboço realizado por Galileu
 Fonte: Construído pela autora

Desconsiderando a resistência do ar e levando uma massa até a posição C e deixando-a livre, ela se movimentará ao longo de um arco CBD, passando pelo ponto B e depois pelo arco BD até atingir o ponto D e alcançar a linha horizontal CD. Em outras palavras, no movimento de descida da massa, ela adquire velocidade suficiente ao alcançar o ponto B para levá-la até a mesma altura onde foi solta (desprezando a resistência do ar). Ao interromper esse pêndulo por um prego no ponto E, e soltar a massa do ponto C novamente, veremos que a massa tem a mesma trajetória no arco CB, mas ao atingir a posição B não consegue ultrapassar o prego e alcançar a linha CD, pois a linha encontra o prego no ponto E e é obrigada a percorrer o arco BG, que tem como centro o ponto E (GALILEU, 1988).

Com base na proposta de Galileu temos que, se os arcos CB e DB forem iguais, a velocidade que o corpo irá adquirir ao percorrer o arco CB é a mesma ao percorrer o arco DB e, sem a resistência do ar, é capaz de elevar a massa até a linha CD,

Utilizando as descrições fornecidas por Galileu, reproduzimos seu experimento como mostra a Figura 19.

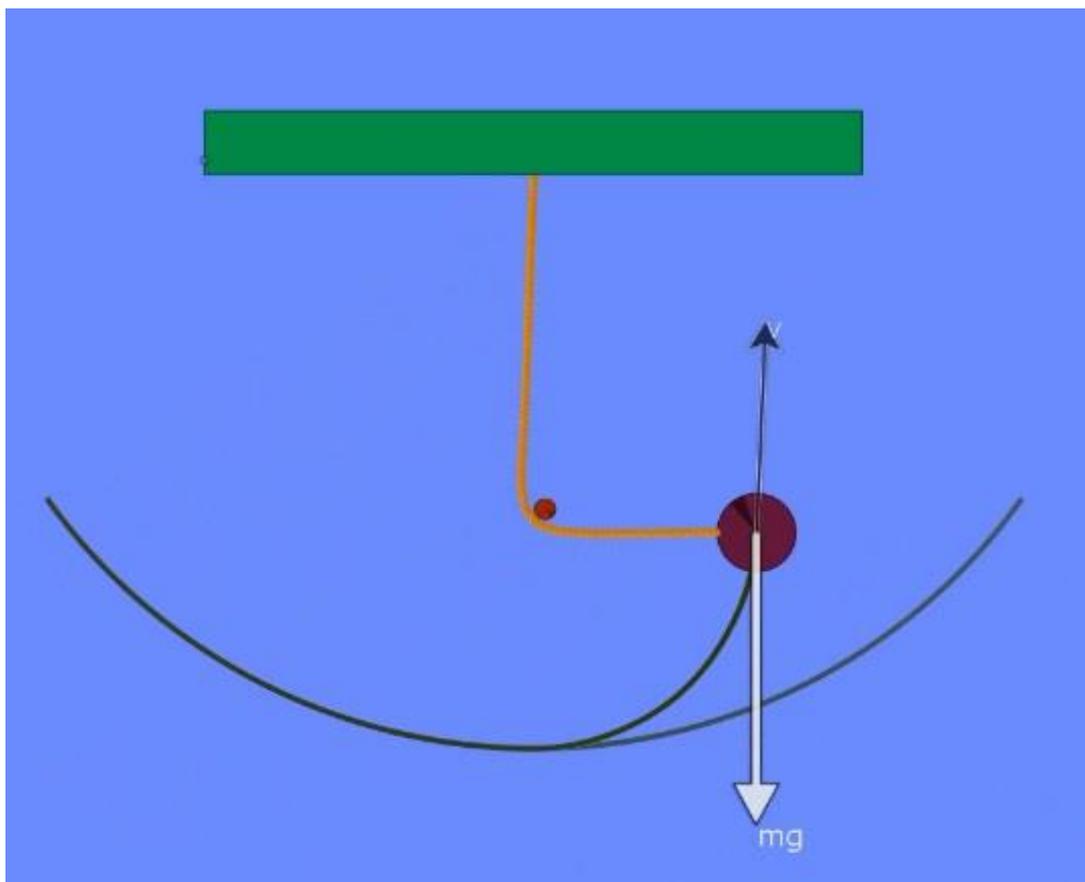


Figura 19: Pêndulo Simples interrompido por um prego

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora

Para uma melhor adequação e interação com a parte histórica, foi inserido como fundo na simulação o esboço realizado por Galileu sobre a interferência na trajetória do corpo, como mostra a Figura 20.

A escolha das cores, escalas e materiais foram arbitrárias e podem ser alteradas sem influenciar na funcionalidade da modelagem.

2.3.1 Sugestões à modelagem do experimento

É importante nessa etapa promover uma discussão a respeito da validade, semelhanças e diferenças dos dois experimentos para o estudo da conservação da Energia Mecânica.

2.4 LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS

Na última jornada narrada por Galileu em seu Livro *Duas Novas Ciências*, o autor se dedica a discussão sobre o lançamento de projéteis baseado no princípio de decomposição dos movimentos, no qual demonstra que a trajetória parabólica de maior alcance é a de inclinação de (45°) , essa demonstração foi de muita importância para Galileu e lhe causou muito entusiasmo como pode se verificar analisando o trecho do livro em que o personagem comenta sobre seus resultados obtidos:

Plena de maravilha e de satisfação juntas é a força das demonstrações necessárias, que são apenas as matemáticas. Eu já sabia, por crer nos relatos de vários artilheiros, que de todos os tiros de artilharia, ou do morteiro, o máximo, isto é, aquele que à maior distância lança a bola, era aquele colocado na elevação de meio ângulo reto, que estes chamam de sexto ponto do esquadro. Mas entender a razão por que isto acontece supera por um intervalo infinito a simples notícia recebida por atestação de outros e mesmo por experiências muitas vezes repetidas (GALILEI, 1988, p.48).

Para realizar a modelagem de um experimento no qual seja possível verificar e testar a discussão apresentada sobre o lançamento de projéteis, temos as seguintes etapas:

1ª Etapa: Primeiro é necessário modelar uma circunferência de raio e massa aleatórios e inserir a opção *attach tracer*, como mostra a Figura 22, para que fique marcado a trajetória percorrida pelo corpo.

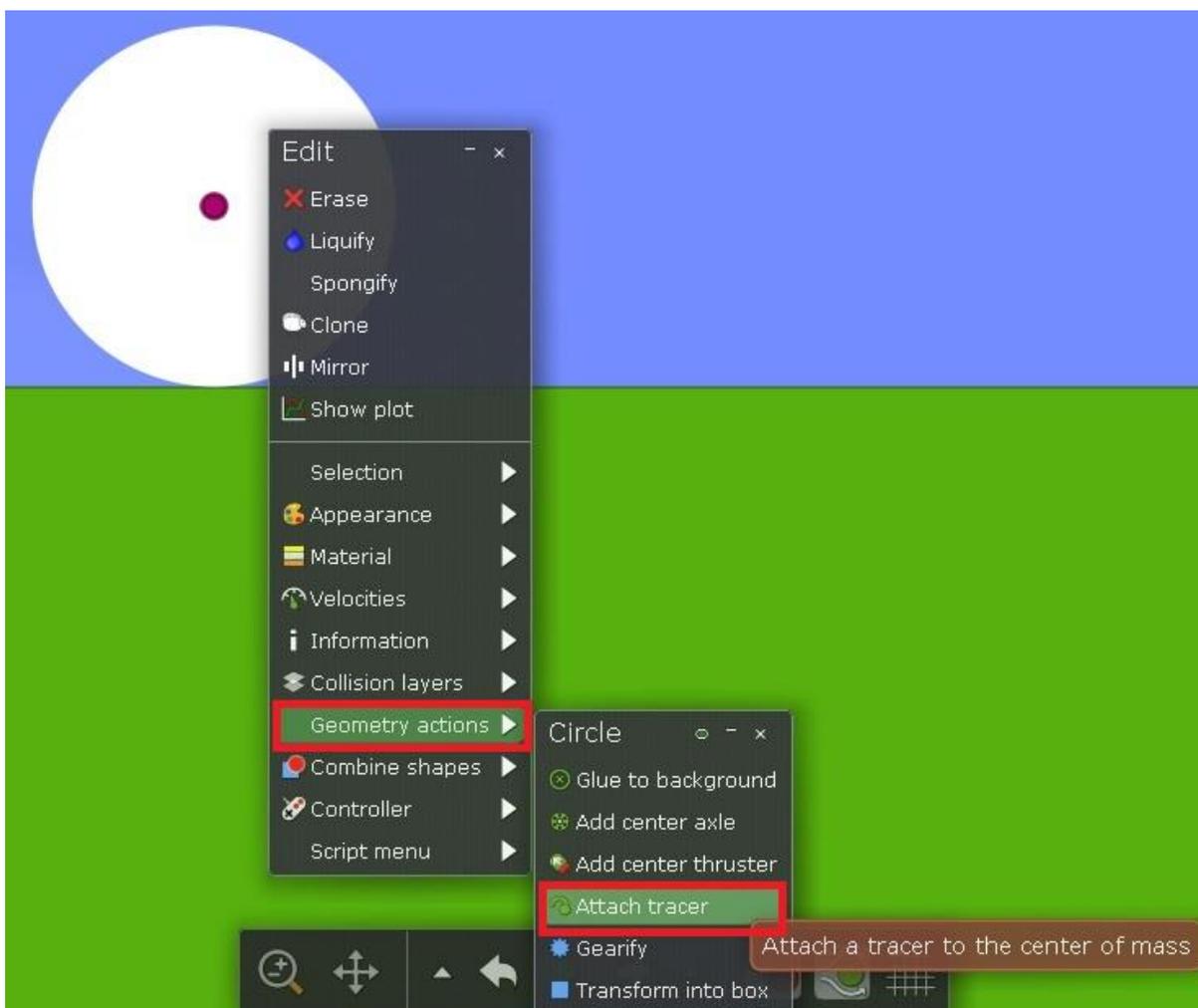


Figura 22: Opção de rastro de trajetória

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

A opção *attach tracer* fornece o rastro da trajetória realizada pelo corpo, nela é possível escolher o tempo de exposição, espessura e também a cor, para facilitar a análise das características da trajetória.

2ª Etapa: Para a simulação do lançamento oblíquo, é necessário que o usuário insira um valor para a velocidade, acione o comando vetorial (vetor velocidade, componentes horizontal e vertical) e o ângulo de lançamento desejado, como mostra a Figura 23:

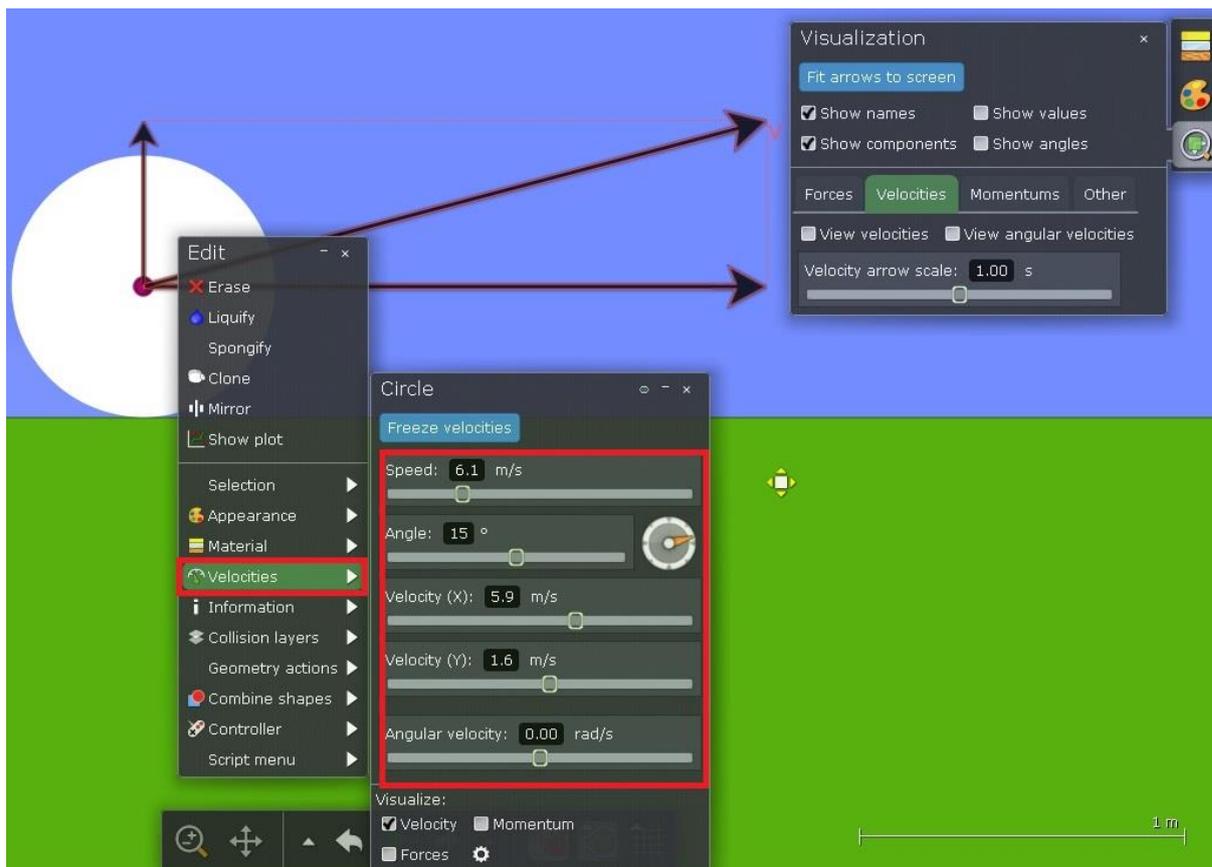


Figura 23: Velocidade de lançamento

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

Depois de todas as opções selecionadas e da resistência do ar “desligada”, ao dar play na simulação, o usuário terá a trajetória percorrida pelo corpo como mostra a Figura 24:

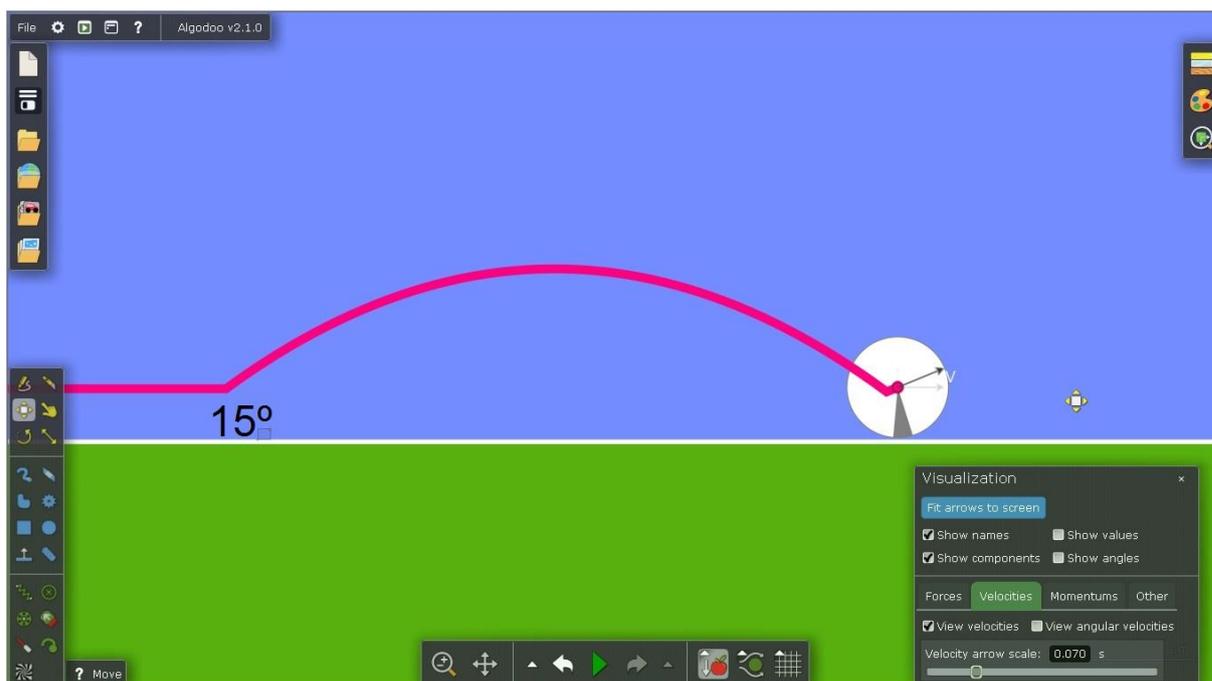


Figura 24: Lançamento oblíquo 15°

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

Ao realizar o lançamento oblíquo diversas vezes com a mesma velocidade de lançamento, mas com ângulos diferentes, é possível verificar a inclinação que resulta no maior alcance horizontal; na Figura 25 temos alguns exemplos de lançamento como comparação:

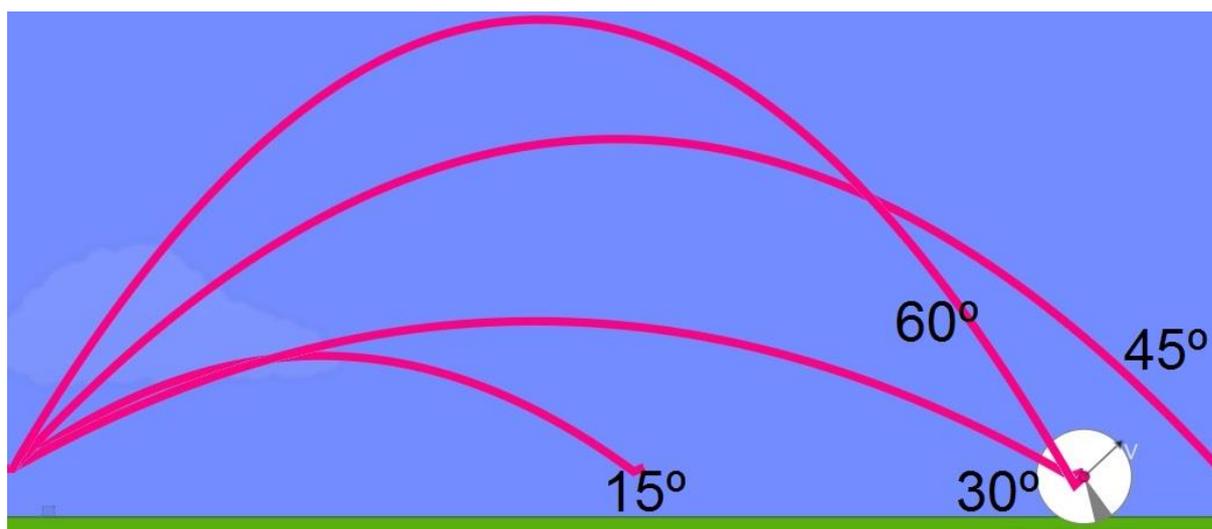


Figura 25: Testes no lançamento oblíquo

Fonte: *Print screen* de experimento virtual construído no *Software Algodoo*, produzido pela autora.

O experimento pode ser realizado com diversas velocidades e corpos, e forma de organização fica a critério do usuário.

2.4.1 Sugestões à modelagem do experimento

O lançamento de projéteis não é um conteúdo de fácil assimilação, por isso os alunos foram desafiados a testarem e, por meio da simulação, encontrarem o ângulo de lançamento que teria o maior alcance.

Durante a realização dos testes, os alunos podem alterar os valores das massas, os volumes das circunferências, colocar a resistência do ar, variar o valor da velocidade de lançamento e, por meio de diversos testes, verificar e constatar as variáveis que influenciam durante esse movimento.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *software Algodoo* proporciona um ambiente interativo e lúdico onde alunos e professores podem criar, e manusear experimentos físicos com grande facilidade. A possibilidade de trabalhar com simulações em sala de aula abre diferentes caminhos para o ensino de física, dependendo da conduta do professor em sala de aula, o estudo rigoroso e do planejamento é possível promover uma maior interação entre os alunos e também contribui para a troca de significados entre alunos professor.

Além do manual didático, para a divulgação do trabalho realizado, a fim de disponibilizar as simulações para que outros professores e alunos tenham acesso e possam trocar experiências a respeito de simulações de experimentos físicos, criamos um blog como produto da presente pesquisa com o título **Interações digitais no Ensino de Física** disponível no seguinte domínio: <http://tecnologiaehistoriadaciencia.blogspot.com.br/>, nele é possível encontrar o passo a passo das simulações além de vídeos e animações dos experimentos realizados.

REFERÊNCIAS

DAMPLER, W. C. **História da Ciência**. São Paulo: IBRISA, 1986.

GALILEI, Galileu. **Dois novas ciências**. 2.ed. São Paulo: Nova Stella, 1988.

GEYMONAT, Ludovico. **Galileu Galilei**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

MARTINS, J; BICUDO, A.V. **A pesquisa qualitativa em psicologia: fundamentos básicos**. São Paulo. EDUC/Moraes, 1989.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.12, n.3, p.164-214, Dez. 1995.

NEWTON, I. **Principia: princípios matemáticos de filosofia natural**. São Paulo: Nova Stella/Edusp,1990. Livro I: O Movimento dos Corpos. Tradução de T. Ricci ,L.G. Brunet, S. T. Gehring e M. H. C. Célia.

NEWTON, I. **Principia: princípios matemáticos de filosofia natural**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008. Livro II: O Movimento dos corpos (em Meios com Resistência). Livro III: O Sistema do Mundo (Tratado Matematicamente). Tradução de A. K. T. Assis.

POSTMAN, N. **Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia**. Tradução de Reinaldo Guarany. São Paulo: Nobel, 1994.