

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Danilo Yamaguti

**Uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) como ferramenta motivadora
para ensino de inércia de rotação utilizando a conservação de energia
mecânica.**

Alfenas / MG

2019

Danilo Yamaguti

**Sequência de Ensino Investigativo (SEI) para ensino de inércia de rotação
utilizando a conservação de energia mecânica.**

Produto apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre pelo Mestrado Profissional em Ensino de Física / MNPEF, polo da Universidade Federal de Alfenas, MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Orientador: Prof. Dr. **Célio Wisniewski**. Produto: SEI para ensino de inércia de rotação.

ALFENAS / MG

2019

Lista de Figuras.

Figura 1 - Tela inicial. Fonte: Phet Colorado	14
Figura 2 - Tela do applet. Fonte: Phet Colorado	14
Figura 3 - Projeto da rampa. Fonte: o Autor	15
Figura 4 - Rampa vista superior. Fonte: o Autor.....	16
Figura 5 - Rampa vista frontal. Fonte: O autor.	16
Figura 6 - Rampa completa vista Frontal. Fonte: O autor.	17
Figura 7 - Cilindros de Poliocarbonato. Fonte: O autor.	17
Figura 8 - Esfera de 27mm. Fonte: o Autor.	18
Figura 9 - Balança de precisão. Fonte: O autor.....	19

Lista de Tabelas.

Tabela 1 - Organização das aulas.....	20
Tabela 2. Registro dos dados da aula 6.....	25
Tabela 3.	26

Sumário

1. Introdução.....	13
1.1 O produto didático.....	13
1.1.1 Simulação PHET Colorado.....	13
1.1.2 As rampas.	15
1.1.3 Os objetos.	17
1.2 A sequência didática.....	19
1.2.1 Aula 1 – Introdução - Verificação dos conhecimentos prévios dos alunos 20	
1.2.2 Aula 2 – Feedback da avaliação diagnóstica para os alunos	22
1.2.3 Aula 3 – Aplicação do Questionário 1.....	23
1.2.4 Aula 4. Intervenção para balizamento e retomada da sequência.	24
1.2.5 Aula 5 - Problematização para o primeiro contato com a rampa.	24
1.2.6 Aula 6 - O uso das câmeras de celular e as medições de tempo e velocidade.....	24
1.2.7 Aula 7 - Aplicação do experimento.	25
1.2.8 Aula 8 - Discussão dos resultados.....	25
1.2.9 Aula 9 – Discussão final e Avaliação	26
Referências Bibliográficas	26

1. Introdução

Esse produto didático consiste em uma sequência didática para o ensino de momento de inércia ou quantidade de movimento angular para alunos do ensino médio utilizando o rolamento de objetos em uma rampa.

Em sua visita ao Brasil, o Físico Richard Feynman descreveu em seu livro “Surely, you are Joking Mr. Feynman!” (FEYNMAN, 1985) as universidades brasileiras, fazendo duras críticas ao ensino de Física aplicado aqui nas décadas de 40 e 50. No livro, o autor cita uma incoerência bastante comum na transposição didática do ensino de conservação de energia cinética de um objeto que rola em um campo gravitacional uniforme. O desprezo da energia cinética de rotação no rolamento de corpos extensos.

1.1 O produto didático

Para que se utilize esse produto é necessário que os alunos tenham uma breve noção dos conceitos Energia Cinética, Energia potencial gravitacional e Energia dissipada na forma de Energia Térmica. Para isso é necessária uma introdução e discussão sobre esses conceitos. Para ilustrar esse conteúdo antes das atividades experimentais pode-se utilizar uma simulação computacional.

1.1.1 Simulação PHET Colorado.

Como ferramenta para ilustrar ou retomar esses diferentes aspectos de energia, indica-se a simulação: “Energia na pista de Skate”. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt_BR.html

Acesso em: 01/06/2019



Figura 1 - Tela inicial. Fonte: Phet Colorado

Recomenda-se que se utilize as três categorias do aplicativo.

Na introdução é relevante que se utilize as ferramentas do applet que ilustram a energia do corpo na forma de gráficos.

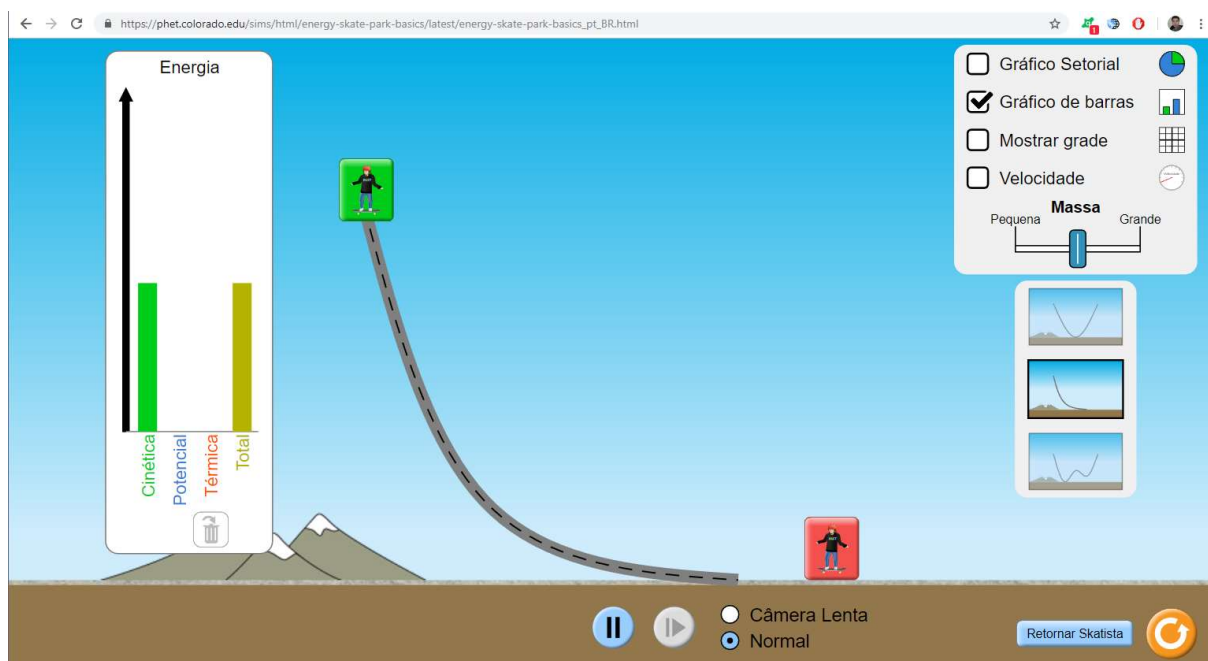


Figura 2 - Tela do applet. Fonte: Phet Colorado

Essa simulação pode ser utilizada para mostrar a conversão de energias e sua conservação.

A ferramenta também pode ser considerada uma boa ferramenta motivacional para os alunos para interagirem com o objeto de estudo virtualmente.

1.1.2 As rampas.

As 4 rampas foram construídas com suporte de madeira construído com chapas de madeira do tipo compensado de 10 mm de espessura. Os desenhos técnicos estão a seguir.

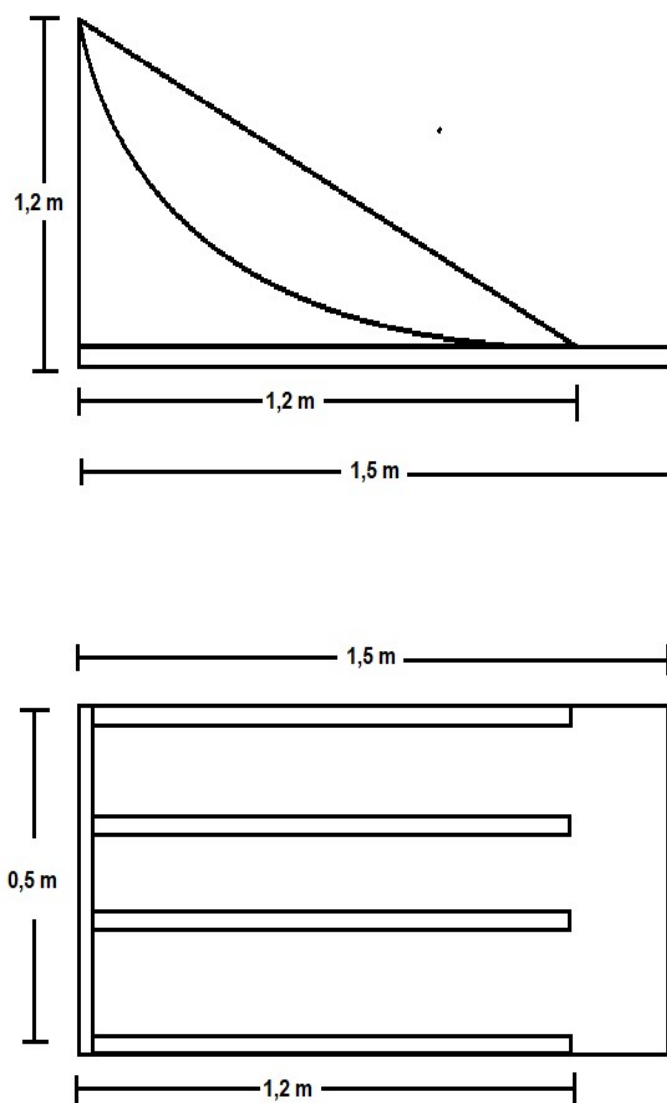


Figura 3 - Projeto da rampa. Fonte: o Autor.

Como guia para as trajetórias dos corpos, foi utilizado rampas de brinquedo *Hot-Wheels* para ter uma certa rigidez e manter a trajetória dos objetos que desceriam por ela.

Para efeito de comparação e controle foram feitas 2 rampas retilíneas lado a lado, com planos inclinados de angulação de 40° com a horizontal e 2 rampas com formato de segmento de circunferência.



Figura 4 - Rampa vista superior. Fonte: o Autor.



Figura 5 - Rampa vista frontal. Fonte: O autor.



Figura 6 - Rampa completa vista Frontal. Fonte: O autor.

1.1.3 Os objetos.

Cilindros

Foram utilizados cilindros usinados em polycarbonato e em aço 1040, com alturas iguais a 15 mm e diâmetros e massas, distintas.



Figura 7 - Cilindros de Poliocarbonato. Fonte: O autor.



Figura 8. Cilindros de Aço. Fonte: O autor.

Esferas coloridas de borracha de 27mm de diâmetro para rolar nas rampas.



Figura 8 - Esfera de 27mm. Fonte: o Autor.

Balança de precisão para culinária com capacidade de medição entre 1g e 10kg.



Figura 9 - Balança de precisão. Fonte: O autor.

1.2 A sequência didática

Foi definido que a sequência didática inicial deveria ser realizada em 10 aulas de 50 minutos, sendo subdivididas em cinco etapas:

1. Verificação dos conhecimentos prévios dos alunos;
2. Organização do conhecimento dos alunos;
3. Problematização, aplicação e investigação do conhecimento dos alunos;
4. Reflexão a respeito dos conhecimentos adquiridos pelos alunos;
5. Discussão final e avaliação do conhecimento.

Por problemas burocráticos e de necessidade de adequação do projeto à realidade dos alunos durante o seu andamento, algumas mudanças e adequações foram necessárias. Tiveram que ser retiradas 2 aulas referentes à semana de provas dos alunos. Assim, o estudo epistemológico da Física ficou presente apenas nas últimas aulas, o que acabou por tornar as discussões um pouco aquém do esperado.

A sequência de aulas ficou ilustrada na tabela a seguir:

Tabela 1 - Organização das aulas.

Aula	Descrição
Aula 1	Discussão inicial, avaliação diagnóstica.
Aula 2	Feedback da avaliação diagnóstica e discussão dos conhecimentos em relação aos conceitos de Energia e ciência.
Aula 3	Avaliação dos conhecimentos de energia e como determinar as energias cinéticas e potenciais, assim como a energia mecânica.
Aula 4	Intervenção: Retomada dos conteúdos Energia Cinética e potencial gravitacional. Verificação da lei de conservação de energia mecânica no rolamento dos corpos.
Aula 5	Determinação das energias potenciais e cinéticas dos objetos da rampa. Verificação da diminuição da energia cinética de translação dos corpos.
Aula 6	Determinação das velocidades dos objetos e comparação de resultados.
Aula 7	Discussão dos resultados e estudo padronizado na rampa.
Aula 8	Discussão dos resultados e conceituação do momento de Inércia, orientações para relatório.
Aula 9	Discussão Final e Orientações do relatório.

1.2.1 Aula 1 – Introdução - Verificação dos conhecimentos prévios dos alunos

O início do projeto pode ser uma conversa informal entre os alunos e o professor a fim de verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre física.

Para isso foi recomenda-se o questionário a seguir.

Avaliação Diagnóstica

Analisando as afirmativas a seguir, assinale se ela é **V**erdadeira, **F**alsa ou se **N**ão **S**abe afirmar

Uma medida é apenas um valor numérico.

()V ()F ()NS

Espaço e Velocidade são a mesma coisa.

()V ()F ()NS

Velocidade e Aceleração são a mesma coisa.

()V ()F ()NS

Velocidade média é a média aritmética das velocidades.

()V ()F ()NS

Movimentos curvos nunca tem aceleração.

()V ()F ()NS

Velocidade angular e velocidade linear são sinônimos.

()V ()F ()NS

Período e frequências são a mesma coisa.

()V ()F ()NS

Aceleração sempre altera o valor da posição e velocidade.

()V ()F ()NS

Aceleração negativa significa movimento retardado.

()V ()F ()NS

Um objeto rápido é um objeto acelerado.

()V ()F ()NS

Para ter movimento é necessário que haja uma força empurrando o objeto.

()V ()F ()NS

Assinale todas as alternativas se estiver prestando atenção neste teste.

()V ()F ()NS

Se um objeto está em repouso quer dizer que não tem forças aplicadas nele.

()V ()F ()NS

Peso se mede em quilogramas (kg).

()V ()F ()NS

Um astronauta se sente mais leve no espaço porque tem menor massa no espaço.

()V ()F ()NS

Dois vetores de módulos 3 newtons e 4 newtons, quando somados, tem valor resultante sempre 7 newtons.

()V ()F ()NS

São exemplos de força: O Peso, a Normal, a Massa, a Aceleração e a Resultante.

()V ()F ()NS

1.2.2 Aula 2 – Feedback da avaliação diagnóstica para os alunos

Essa aula deve ser reservada para mostrar aos alunos o desempenho deles no questionário e tentar elucidar algumas dúvidas a respeito das sentenças descritas no questionário.

1.2.3 Aula 3 – Aplicação do Questionário 1

Essa terceira aula introdutória tem como objetivo:

- Verificação e análise dos conhecimentos físicos dos alunos referente à energia mecânica e sua conservação.
- Verificação dos conhecimentos epistemológicos dos alunos em relação à Física e seu desenvolvimento.

Para isso, foi criado um questionário para que os alunos respondessem durante a aula.

Parte 1 - Conhecimento Físicos em energia mecânica.

1. O que é energia cinética? Onde/como podemos observá-la.
2. O que é Energia potencial gravitacional? Onde podemos observá-la.
3. Como podemos ver a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética ou vice-versa?
4. A lei de conservação de energia funciona? É possível testar essa Lei?
5. Como podemos medir a velocidade dos objetos no final da queda para calcular a energia cinética?

Parte 2 - Conhecimentos Científicos.

Atualmente, podemos dizer que vivemos em uma sociedade que valoriza a cultura científica, afinal você já deve ter visto produtos que possuem em seu rótulo a mensagem: “cientificamente comprovado”.

6. O que é ciência?
7. Como pode-se diferenciar a ciência da filosofia e da religião? Por quê?
8. Como se desenvolve a ciência?
9. Qual é o trabalho do cientista?
10. As atividades dos cientistas tem qual objetivo?

11. Se um cientista faz um experimento e ele dá errado ou percebe-se coisas não previstas pela teoria, qual o próximo passo?

1.2.4 Aula 4. Intervenção para balizamento e retomada da sequência.

Como o desenvolvimento de cada aluno é diferente, é importante que seja utilizado uma aula para um balizamento para retomada da sequência didática.

Esse momento é uma boa oportunidade para utilizar a simulação do PHET-Colorado como ilustração dos conceitos necessários para o andamento do projeto.

1.2.5 Aula 5 - Problematização para o primeiro contato com a rampa.

Para iniciar a atividade, recomenda-se que se faça um questionário para que os alunos reflitam sobre o que vão estudar e analisar na rampa.

Questionário 2.

1. O que podemos esperar da energia mecânica do sistema na descida dos objetos com escorregamento?
2. O que podemos esperar da energia total do sistema no rolamento dos objetos?
3. Escolham uma altura inicial acima da base da rampa e determine a energia potencial gravitacional dos objetos. $E_p = m.g.h$
4. Se abandonarmos o objeto dessa altura, o que podemos afirmar sobre a energia cinética/velocidade dos objetos no final da rampa?
5. Como podemos determinar a energia cinética dos objetos no final da rampa sem a utilização da conservação da energia mecânica?

1.2.6 Aula 6 - O uso das câmeras de celular e as medições de tempo e velocidade.

Cálculo do intervalo de tempo de deslocamento no final da rampa com o uso das câmeras de celular em câmera lenta e discussão sobre a medição de velocidade e determinação da energia cinética translacional.

Essa aula foi criada para verificar os cálculos das velocidades finais dos objetos e para a comparação dos resultados calculados pela energia e pela

cinemática pelos alunos. Para isso, sugere-se, que se faça a montagem da seguinte tabela na lousa ou projetor:

	Altura	Massa (g)	Epg	Distância	Tempo	Venergia	Vvídeo
Grupo 1							
Grupo 2							
Grupo 3							
Grupo 4							
Grupo 5							

Tabela 2. Registro dos dados da aula 6.

1.2.7 Aula 7 - Aplicação do experimento.

Experimento 2 - Segundo contato com a rampa com estudo padronizado.

Para essa aula espera-se que o aluno perceba a necessidade de uma padronização de medidas e que seja colocado como agente investigador. Para isso é passado um pequeno questionário para os alunos para que eles possam responder durante a interação com a rampa.

Questionário 3.

1. Determine a energia cinética do objeto no final da rampa através da conservação de energia potencial gravitacional.
2. Determine a energia cinética do objeto no final da rampa através da velocidade calculada pelos vídeos.
3. Compare os seus resultados com o dos outros grupos e verifiquem se estão compatíveis.

1.2.8 Aula 8 - Discussão dos resultados.

Utilizando os valores obtidos na aula anterior é necessário que seja discutido com os alunos para encontrar padrões e relações com os seus dados.

GRUPO	Altura (m)	Distância (m)	Tempo (s)	Venergia (m/s)	Vvídeo (m/s)

Tabela 3.

Para as discutir as diferenças nos valores obtidos foi feita a seguinte problematização oralmente.

1. O que é a lei da inércia de Newton?
2. E se girarmos um objeto, se ele for de tamanho não desprezível o que podemos afirmar sobre a dificuldade em girar os cilindros com a mão?
3. Quando eu cai de bicicleta uma vez, eu olhei pra roda da minha bicicleta logo depois da queda e vi que ela continuava girando apesar de eu estar esborrachado no chão. Como isso pode ser explicado?
4. Se a inércia de um corpo mantém ele em movimento, uma roda também se manteria em rotação?

1.2.9 Aula 9 – Discussão final e Avaliação

Essa aula foi destinada a reiterar a noção de inércia de rotação discutida na aula anterior, sanar algumas dúvidas e questionamentos dos alunos.

Para avaliação é sugerido aos alunos que relatem as atividades assim como as conclusões sobre o aprendizado durante a aplicação do projeto. É importante salientar que é necessário que se ensine os alunos como fazer um relatório simplificado.

Referências Bibliográficas

AQUINO Filho, G. F.; MACHADO, J.T.; AMARAL, L. H.I. Ausubel: aprendizagem significativa e avaliação, Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo (Outubro de 2015).

ARAÚJO, M.S.T; Abib, M. L.V. dos S., Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física. V.25, 176-194 (2003).

BARRELO JUNIOR, N. Promovendo a Argumentação em sala de aula de Física Moderna e Contemporânea: Uma Sequência e Ensino Investigativa e as Interações Professor-Aluno. 2015. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Área de Concentração: Ensino de Física, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: Acesso em: 22 jun. 2015.

BELLUCCO, Alex; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [s.l.], v. 31, n. 1, p.30-59, 25 nov. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n1p30>.

BENEVIDES, R.C.C. ; DIAS, P.M.C.; SANTOS, W.M.S. FILHO, O.F.; A Dinâmica Do Movimento Circular (Uma Proposta Para O Ensino Médio), 2009.

CELESTE, A. T. B. e Neto, M. L. Influência do momento de inércia no movimento dos corpos. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 3: p. 693-699, dez. 2011.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

FEYNMAN, R. P. Surely You're Joking, Mr. Feynman!: Adventures of a Curious Character,. W W Norton, 1985. 60 p.

HARTER, S. (1981). A new self-report scale of intrinsic versus extrinsic orientation in the classroom: Motivational and informational components. Developmental Psychology, 17(3), 300-312. <http://dx.doi.org/10.1037/0012-1649.17.3.300>

HUERTAS, J. A. Motivación: querer aprender. Buenos Aires: Aique, 2001.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula. 2008. 265 f. Tese 74 (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação. Área de Concentração : Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.