



ATIVIDADE PRÁTICA SUPERVISIONADA (APS)

FLIPERAMA

1º/2º SEMESTRES

Profa. Dra. Fabíola Mariana Aguiar Ribeiro
Prof. Me. Heitor Rogério Costa

I. INTRODUÇÃO

A Atividade Prática Supervisionada (APS) tem como finalidade aproximar o aluno da aplicação prática dos conceitos vistos em sala de aula, além de incentivar a colaboração entre os membros do grupo e o trabalho em equipe.

II. OBJETIVOS

O objetivo dessa APS é construir e operar uma plataforma de jogo de fliperama simplificada. Nessa plataforma, uma bolinha de aço de 7/8 de polegada (22,23mm) deverá ser impulsionada por uma mola contida dentro de um tubo disparador, e esta deverá atingir pelo menos dois orifícios alvo distintos entre os três disponíveis. A plataforma deverá operar com pelo menos 3 inclinações distintas (vide quadro 1).

É importante frisar que o lançamento da esfera não pode atingir nenhuma das partes que constituem a plataforma do fliperama, devendo, portanto, percorrer o caminho até os alvos sem interferência.

III. INTRODUÇÃO TEÓRICA

O fliperama

Na figura 1 temos um exemplo de mesa de fliperama (pinball).



Figura 1. Mesa de fliperama.

O objetivo do fliperama é lançar uma esfera de aço puxando uma mola e marcar pontos ao bater nos alvos localizados na mesa. Para evitar que a esfera caia pela abertura central inferior, temos os *flips* inferiores, que podem rebater a esfera. Algumas mesas de fliperama têm outros *flips* além dos inferiores.

O movimento da esfera na mesa de fliperama

Vamos considerar uma primeira situação para o lançamento de um projétil, com a mesa de fliperama na vertical (em pé). Para descrever um movimento parabólico, a esfera deve ser lançada com uma velocidade na vertical e na horizontal diferentes de zero.

Ao lançar a esfera em uma direção qualquer, temos um movimento que é a composição de um movimento na direção x (horizontal) e um movimento na direção y (vertical). Na direção y o movimento é acelerado por causa da força da gravidade que atua sobre a esfera. Na direção x não temos nenhuma força atuando, então o movimento é uniforme. Escrevendo essas equações, temos,

$$x = x_0 + v_{0x}t$$
$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{at^2}{2}$$

Nesse caso, a aceleração é $a = -g$, onde g é a aceleração da gravidade local ($g=9,8\text{m/s}^2$), se considerarmos que y aumenta de baixo para cima.

Mas a mesa de fliperama não fica "em pé", ela é, na realidade um plano inclinado. Colocando esse movimento que descrevemos em um plano inclinado, basta pensar nos eixos sobre o plano, e a aceleração vai ser uma projeção da aceleração da gravidade. Vamos ver isso em detalhes a seguir.

Em um plano inclinado, temos a seguinte distribuição de forças, considerando uma esfera sobre o plano (figura 2).

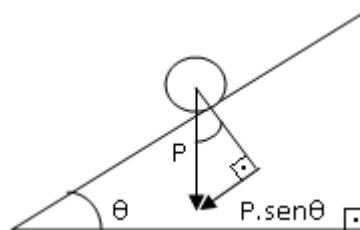


Figura 2. Força peso sobre um corpo em um plano inclinado.

Temos então, projetando a força peso na direção do movimento sobre o plano,

$$F = P.\text{sen}\theta$$

Como, da segunda lei de Newton, $F = m.a$, temos que $a = -g.\text{sen}\theta$. O sinal negativo surge se orientarmos o eixo y "para cima", já que a tendência do movimento acelerado é deslocar a esfera "para baixo".

Substituindo essa aceleração nas equações do movimento, chegamos a

$$\begin{aligned}x &= x_0 + v_{0x}.t \\ y &= y_0 + v_{0y}.t - \frac{g.\text{sen}\theta.t^2}{2}\end{aligned}$$

que são as equações que descrevem o movimento de uma esfera lançada na mesa de fliperama.

Temos algo em comum que conecta essas duas equações: o tempo é o mesmo para o movimento nas duas direções, então, isolando o tempo na primeira equação (de x),

$$t = \frac{x - x_0}{v_{0x}}$$

e, substituindo esse tempo na segunda equação (de y),

$$y = y_0 + v_{0y} \cdot \left(\frac{x - x_0}{v_{0x}} \right) - \frac{g.\text{sen}\theta}{2} \cdot \left(\frac{x - x_0}{v_{0x}} \right)^2$$

Podemos, por simplicidade, adotar $x_0=0$ e $y_0=0$, ou seja, vamos considerar que o movimento se inicia na origem do sistema de eixos (ou que tomamos as medidas a partir do ponto de lançamento).

$$y = v_{0y} \cdot \left(\frac{x}{v_{0x}} \right) - \frac{g.\text{sen}\theta}{2} \cdot \left(\frac{x}{v_{0x}} \right)^2$$

$$y = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} \cdot x - \frac{g.\text{sen}\theta}{2.v_{0x}^2} \cdot x^2$$

Vemos que essa equação é uma equação do segundo grau em x (note o x^2), com concavidade para baixo (o coeficiente que multiplica x^2 aparece com sinal negativo. Então a trajetória da esfera na mesa de fliperama é uma parábola com concavidade para baixo.

Em uma mesa de fliperama a esfera é lançada comprimindo-se uma mola. Aqui é interessante falarmos de energia.

Antes do lançamento, puxamos a mola do lançador do fliperama, então a energia inicial é

$$E_i = \frac{k \cdot u^2}{2}$$

onde usamos u para a compressão da mola, ou seja, o quanto a mola foi puxada.

A energia quando a partícula atinge o alvo pode ser escrita como

$$E_f = \frac{mv^2}{2} + mgh$$

Temos nessa expressão a soma da energia cinética, pois a esfera não precisa parar sobre o alvo, com a energia potencial gravitacional.

A altura h é dada por $h = y \cdot \text{sen} \theta$, como pode ser visto na figura 3.

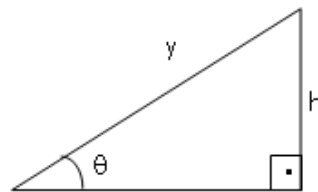


Figura 3. Esquema da vista lateral da mesa de fliperama.

Assumindo que não temos perda de energia por atrito entre a esfera e a mesa de fliperama, as energias final e inicial devem ser iguais.

$$\frac{k \cdot u^2}{2} = \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot \text{sen} \theta \cdot y$$

Podemos usar essa expressão para encontrar a compressão que devemos aplicar na mola para executar o seu lançamento. Então, isolando u ,

$$u = \sqrt{\frac{m \cdot v^2 + 2 \cdot m \cdot g \cdot \text{sen} \theta \cdot y}{k}}$$

Podemos aqui, assumir que a velocidade que a esfera atinge o alvo é pequena, ou seja $v^2 \ll 2 \cdot g \cdot y \cdot \text{sen} \theta$. Se a velocidade for alta a esfera certamente passaria direto pelo alvo. Com essa simplificação, chegamos a

$$u = \sqrt{\frac{2.m.g.\text{sen}\theta.y}{k}}$$

Temos então uma estimativa para a compressão da mola, a partir da altura y do alvo (medida sobre a mesa), da massa da esfera e da constante elástica k da mola.

E a constante elástica k da mola?

Podemos estimar pelo seguinte experimento. Pendure na mola um corpo de massa conhecida e meça o deslocamento d da mola, mantenha o sistema em equilíbrio estático. Como a configuração está em equilíbrio, temos

$$\begin{aligned} P &= F_{\text{elástica}} \\ m.g &= k.d \\ k &= \frac{m.g}{d} \end{aligned}$$

Objetivos Específicos:

1. Projetar uma plataforma de jogo de fliperama simplificada.
2. Compreender e aplicar conceitos de:
 - projeção de forças,
 - movimento no plano inclinado,
 - movimento bidimensional,
 - força elástica
 - energia.
3. Produzir texto detalhando o projeto e os resultados obtidos.

IV. FORMAÇÃO DE GRUPOS

Os grupos deverão ter entre 5 (cinco) e 10 (dez) alunos. Não serão aceitos grupos com menos de 5 alunos ou mais de 10 alunos.

Cada grupo deverá indicar um líder, que será responsável por incluir no site <<http://trabalhosacademicos.unip.br/entrega>> os dados dos demais integrantes do grupo e fazer o upload do trabalho dentro do prazo.

V. NORMAS DE CONSTRUÇÃO

A plataforma de fliperama simplificada deverá seguir as seguintes normas de construção.

- A estrutura poderá ser feita de material de livre escolha, porém recomendamos madeira (aglomerado, MDF, MDP, etc.).
- A plataforma deverá ter tamanho adequado para conter o sistema de impulsionamento por mola e os furos alvo, posicionados conforme esquema a seguir (figura 4).
- A esfera de aço deve ser providenciada pelo grupo.

VI. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A nota atribuída ao trabalho da APS será a soma da nota da parte prática (até 5 pontos) com a nota da parte escrita (até 5 pontos), conforme indicado no quadro 1.

Quadro 1. Composição da nota da APS.

	Item	nota máxima	
trabalho escrito	normas ABNT	0,5	
	introdução teórica	1,0	
	cálculos teóricos	1,0	
	desenvolvimento do projeto	1,0	
	desenho técnico	1,0	
	referências bibliográficas	0,5	
apresentação	normas de construção	1,0	
	design	1,0	
	ângulo 10°	atingir orifício alvo 1	0,5
		atingir orifício alvo 2	0,5
	ângulo 20°	atingir orifício alvo 1	0,5
		atingir orifício alvo 2	0,5
	ângulo 30°	atingir orifício alvo 1	0,5
		atingir orifício alvo 2	0,5

Para cada lançamento o grupo poderá fazer apenas uma tentativa.

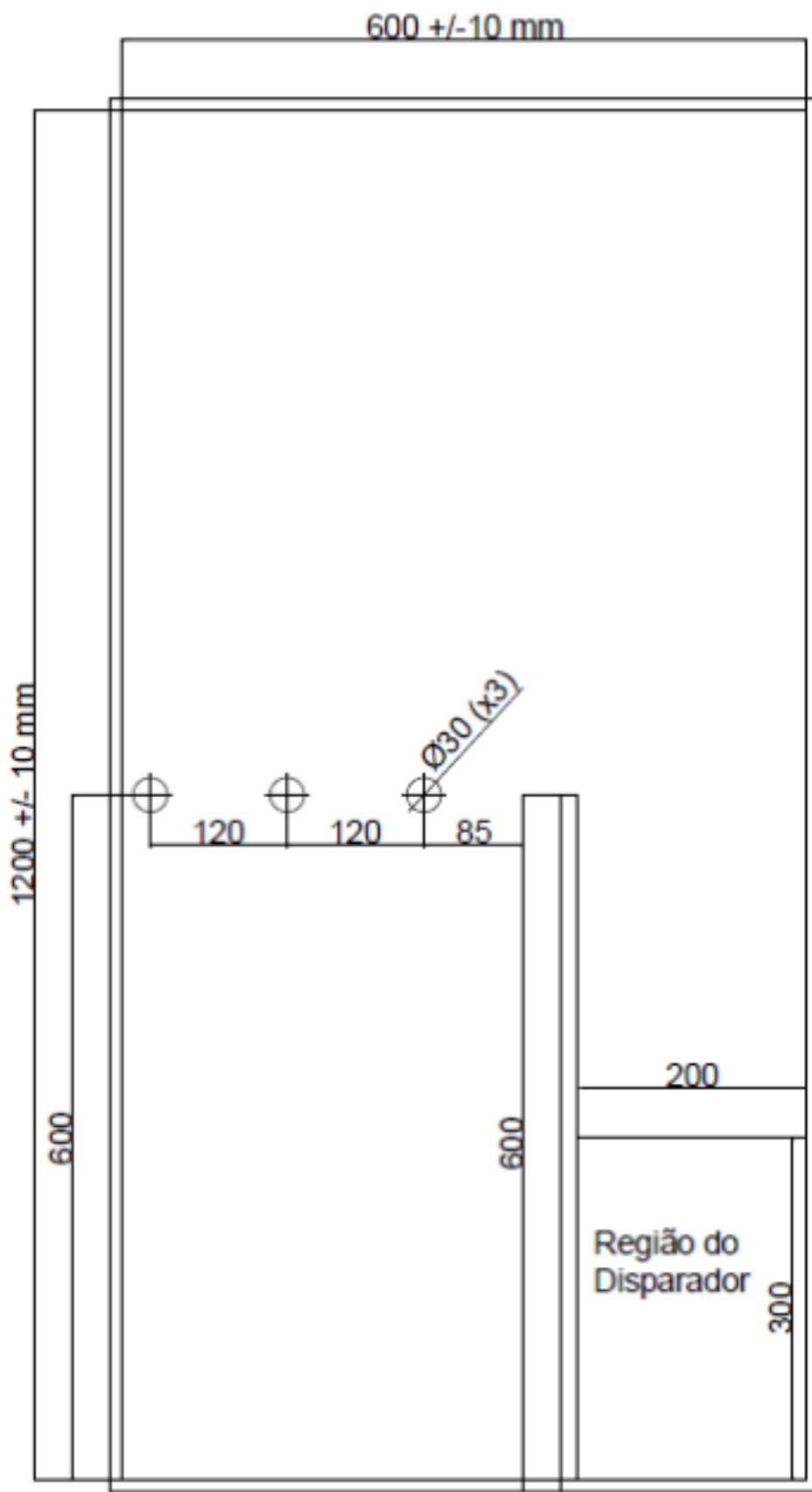


Figura 4. Esquema do projeto.

VII. APRESENTAÇÃO

Na apresentação deverão estar presentes, no mínimo, metade dos membros do grupo. A apresentação será em data posteriormente divulgada pela coordenação.

VIII. ESTRUTURA DA APS TEÓRICA

A parte teórica deverá conter os seguintes itens:

- Capa com o título do trabalho, os nomes dos integrantes do grupo, RAs e turma, além do nome da instituição e ano corrente.
- Introdução.
- Objetivos.
- Introdução teórica
- Metodologia
- Análise dos resultados
- Conclusões
- Anexos

Na Introdução deve ser dada a motivação para o desenvolvimento do trabalho.

No capítulo de Introdução teórica deverá haver um desenvolvimento teórico com revisão bibliográfica dos temas envolvidos na elaboração do trabalho.

No capítulo de metodologia, o grupo deverá descrever as etapas envolvidas na elaboração do projeto, além de incluir uma relação dos materiais utilizados. É nesse capítulo que os cálculos necessários para a construção do protótipo deverão ser apresentados.

No capítulo análise de resultados, deverão ser descritos os resultados obtidos no dia da apresentação do trabalho, indicando o sucesso ou não na apresentação e, em caso de insucesso, apresentar os motivos. Nesse capítulo poderão ser sugeridas melhorias ao projeto.

O capítulo de conclusões deverá conter uma visão geral do trabalho e dos resultados.

O capítulo de anexos da APS deverá conter os seguintes itens:

- cronograma de elaboração do projeto;
- desenho técnico do conjunto e de cada componente em três vistas (feito à mão);
- tabela contendo todos os materiais utilizados e os custos do projeto;
- termo de compromisso sobre o plágio.

O trabalho teórico da APS deverá ter no mínimo 6 e no máximo 16 páginas, com exceção dos anexos, figuras e fotos.

No site da UNIP há um resumo das normas para redação de trabalhos acadêmicos, disponível em <https://www.unip.br/presencial/servicos/biblioteca/download/manual_de_normalizacao_abnt_2018.pdf>.

IX. POSTAGEM DO TRABALHO

O trabalho escrito deverá ser postado no site <<http://trabalhosacademicos.unip.br/entrega>> e a data limite será divulgada pela coordenação.

X. SEGURANÇA

Todos os alunos envolvidos na construção e na apresentação do projeto deverão utilizar os equipamentos de segurança necessários.

XI. INDICAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para Cientistas e Engenheiros, 5. ed., Rio de Janeiro: LTC Editora, 2006. v. 1, 2 e 3.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física - Mecânica. 7. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2006. v. 1.
- LAURICELLA, A. F.; BRITO FILHO, B. C.; SEVEGNANI, F. X.; FRUGOLI, P. A.; PEREIRA FILHO, R. G. Mecânica da Partícula (laboratório). São Bernardo do Campo: Kaizen, 2010.
- LAURICELLA, A. F.; BRITO FILHO, B. C.; SEVEGNANI, F. X.; FRUGOLI, P. A.; PEREIRA FILHO, R. G. Mecânica da Partícula (teoria). São Bernardo do Campo: Kaizen, 2010.
- 3d Pinball Space Cadet. Disponível em <<https://classicreload.com/win9x-3d-pinball-space-cadet.html>>. Acesso em 08 mai. 2019.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de física básica: mecânica*. São Paulo: E. Blücher, 2002. v. 1.
- SEARS, F. W. et al. *Física*, 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, 2008-2009. v. 1.
- The History of Pinball. Disponível em <<https://www.thoughtco.com/history-of-pinball-1992320>>. Acesso em 08 mai. 2019.