

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ENGENHOCAS**  
JOGO ECOEDUCA (GARRA HIDRÁULICA).

DOCENTE: DRA. MARIA LÚCIA ANTUNES.

DISCENTES: BRUNA CASSIANO SCHATZ;  
GABRIELA DOS S. LUCHETTI VIEIRA;  
GISELI CRISTINA M. OCCHIPINTI;  
GRAZIELY VITORIA DA SILVA VIANA.

Sorocaba  
2017

## I. Objetivo.

Esse projeto tem como objetivo a construção de um brinquedo para crianças utilizando conceitos físicos e com baixo custo para posteriormente ser reproduzido em escolas e meios educativos.

Os materiais usados tiveram o intuito de reciclar e reutilizar na intenção de reduzir custo e gerar menos resíduos. O jogo também tem o propósito de ensinar conceitos de educação ambiental enquanto brincam, sendo um meio das crianças desenvolverem uma consciência ecológica.

## II. Introdução.

### Flúidos

Na natureza, a matéria pode estar nos seguintes estados: sólido, líquido ou gasoso. Quando se encontra no estado líquido ou gasoso é caracterizado como um fluido, em que possuem uma capacidade de adquirir qualquer formato do recipiente que os contém, ou seja, não possuem um formato definido [1].

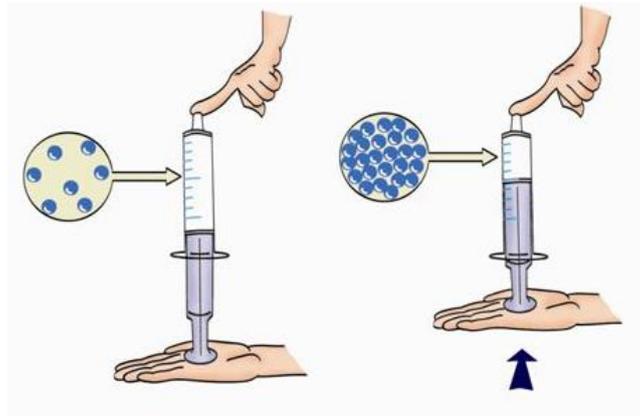
Portanto, correspondem a qualquer substância que escoar quando está submetido à uma força tangencial aplicada à sua superfície, denominada está como força (tensão) de cisalhamento, sendo a razão do módulo da componente tangencial e a área da superfície sobre o qual a força está sendo aplicada [1].

Os fluidos podem ser classificados de acordo com alguns parâmetros de escoamento, dentre os quais:

### Compreensíveis ou incompressíveis

Os fluidos classificados como compressíveis são aqueles que possuem a habilidade de serem comprimidos em um recipiente quando seu volume diminui, devido a ação de uma força aplicada. A densidade do fluido muda em relação ao grau de compressão sofrido. Considere uma seringa contendo um fluido (ar) aprisionado (figura 1), quando este é pressionado, observa-se que a pressão (força) aumenta e o volume diminui, alterando, portanto, a densidade do fluido [2].

Figura 1: Ilustração do fluido compressível sendo comprimido em um recipiente, fazendo com que seu volume diminua devido à força aplicada.



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/1671823/>

Já os fluidos incompressíveis, são aqueles que a densidade permanece constante, ou seja, é um fluido que apresenta uma resistência a redução do seu volume quando submetido a uma força de compressão [2].

Considere agora uma seringa com um fluido (água) aprisionado, mesmo sendo pressionada, seu volume não se altera e assim sua densidade também não. Desta forma, os fluidos no estado gasoso são classificados como compressíveis e os do estado líquido são classificados como incompressíveis [2].

### Viscoso e não viscoso

A viscosidade é uma propriedade que está associada com a resistência que o fluido oferece a deformação por cisalhamento, ou seja, a viscosidade corresponde ao atrito interno nos fluidos, devido as interações intermoleculares. Desse modo, quanto mais viscoso o fluido mais difícil de escoar e maior seu coeficiente de viscosidade [3].

Já os fluidos não viscosos ou perfeitos, são definidos como sendo substâncias que possuem densidade constante em todos os pontos do espaço em todos os instantes do tempo e também as interações intermoleculares (atrito) são desprezíveis. Sendo assim, não possuem tensão de cisalhamento quando em contato com a superfície [3].

## Estacionário ou não estacionário

O escoamento estacionário, denominado também como laminar, é classificado como um fluido em que suas diferentes partículas possuem uma velocidade de escoamento pequena, ou seja, pode se considerar que a velocidade do fluido é sempre a mesma em todos os pontos do espaço. Nota-se que a densidade, a velocidade e a pressão, são grandezas que dependem do ponto do espaço considerado e independem do tempo [4].

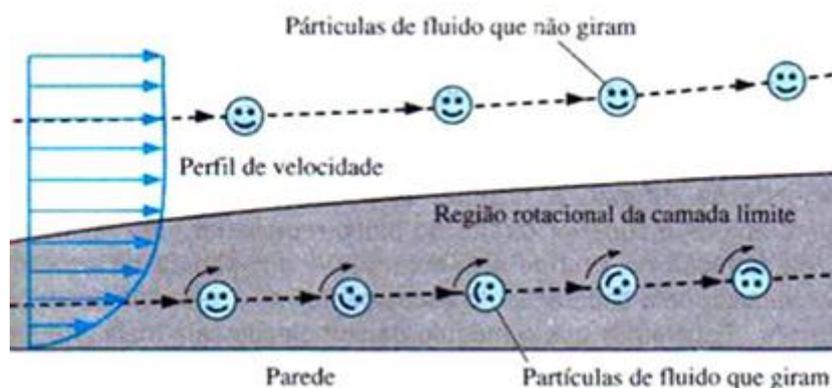
Já o escoamento não estacionário, denominado também como turbulento, é classificado quando a velocidade do fluido varia no decorrer do tempo, assim as grandezas como densidade, velocidade e pressão variam com o tempo. Por exemplo, uma partícula de fluido com uma velocidade  $V_1$  em um ponto do espaço, quando a próxima partícula de fluido passar nesse mesmo ponto vai possuir uma velocidade  $V_2$  diferente de  $V_1$  [4].

## Rotacional ou irrotacional

O fluido rotacional (figura 2), ocorre quando suas partículas, em uma certa região, apresentam uma rotação em relação a um eixo qualquer. Assim durante um escoamento as partículas deste fluido estão sujeitas a uma velocidade angular [5].

Já os fluidos Irrotacional (figura 2), ocorre quando suas partículas, novamente em uma certa região, não apresentam, rotação em relação a um eixo qualquer. Portanto no escoamento irrotacional, as partículas são consideradas como indeformáveis [5].

Figura 2: Representação da diferença entre o Escoamento Rotacional e Irrotacional.



Fonte: <https://www.ufpe.br/ldpflu/capitulo5.pdf>

## Densidade ou massa específica

A densidade absoluta ou massa específica ( $\rho$ ) de um fluido representa a relação entre a massa e o volume ocupado por este, em que é determinado pela seguinte (equação 1) [6].

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Sendo ( $\rho$ ) a massa específica, ( $m$ ) a massa da substância e ( $V$ ) o volume por ela ocupado.

Conforme a equação (1), pode-se observar que a densidade é inversamente proporcional ao volume, ou seja, quanto menor o volume ocupado pela massa de um corpo ou uma substância, maior será sua densidade [6].

A densidade é considerada uma propriedade específica, em que cada substância pura tem sua própria densidade, diferenciando assim uma das outras [6].

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a massa é medida em kg e o volume em  $m^3$ , assim a unidade de massa específica é  $kg/m^3$ . Entretanto é comum utilizar também essa grandeza na unidade  $g/cm^3$  (CGS) [6].

Existe também a densidade relativa, que é a relação entre a densidade absoluta com a densidade absoluta estabelecida como padrão. No cálculo da densidade relativa, em líquidos e sólidos, o padrão escolhido é o da densidade da água, que é igual a  $1000gcm^{-3}$  a  $4,0\text{ }^\circ\text{C}$  [6].

## Princípio de pascal

O princípio de Pascal foi estabelecido pela primeira vez por Blaise Pascal em 1652, em que consiste:

“A pressão aplicada a um fluido enclausurado é transmitida sem atenuação a cada parte do fluido e para as paredes do reservatório que o contém. ”

Isto é, se aumentarmos a pressão externa sobre uma determinada região de um fluido, de uma quantidade  $\Delta p$ , o mesmo aumento na pressão será sentido em todos os pontos do fluido [7].

O princípio de Pascal está presente na operação de todos os mecanismos que utilizam da transmissão de esforços hidráulicos, como, em algumas máquinas e no sistema de freio de carro. Esse princípio permite que se amplifique uma força relativamente pequena aplicada com o objetivo de elevar-se um peso relativamente alto e transmitir forças por longas distâncias para locais pouco acessíveis [7].

Considerando que o líquido possua uma massa específica  $\rho$  e a força externa gera uma pressão externa de  $p_{\text{ext}}$  aplicada ao líquido, permite que se expresse a pressão em um ponto arbitrário a uma distância  $h$  abaixo da superfície através da equação 2[7].

$$p = p_{\text{ext}} + \rho gh \quad (2)$$

Supondo que a pressão externa seja aumentada de uma quantidade  $\Delta p_{\text{ext}}$ , a variação na pressão externa resulta em uma variação na pressão do fluido que pode ser expressa pela equação 3:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ext}} + \Delta(\rho gh) \quad (3)$$

Sendo o líquido incompressível, a massa específica é constante, conforme representado pela equação 4:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ext}} \quad (4)$$

Dessa forma, a variação na pressão em um ponto qualquer do fluido é igual à variação da pressão aplicada externamente. Confirmando, assim o princípio de Pascal, mostrando que ele é uma consequência imediata da formulação proposta para a estática dos fluidos. [7]

Apesar de este resultado ter sido para líquidos incompressíveis, o princípio de Pascal é também aplicável para todos os fluidos reais, tanto para gases quanto para líquidos. A variação na pressão externa causa uma variação na massa específica que rapidamente se propaga para todo fluido, e após cessada a perturbação o equilíbrio é estabelecido e o princípio de Pascal passa novamente a ser válido[7].

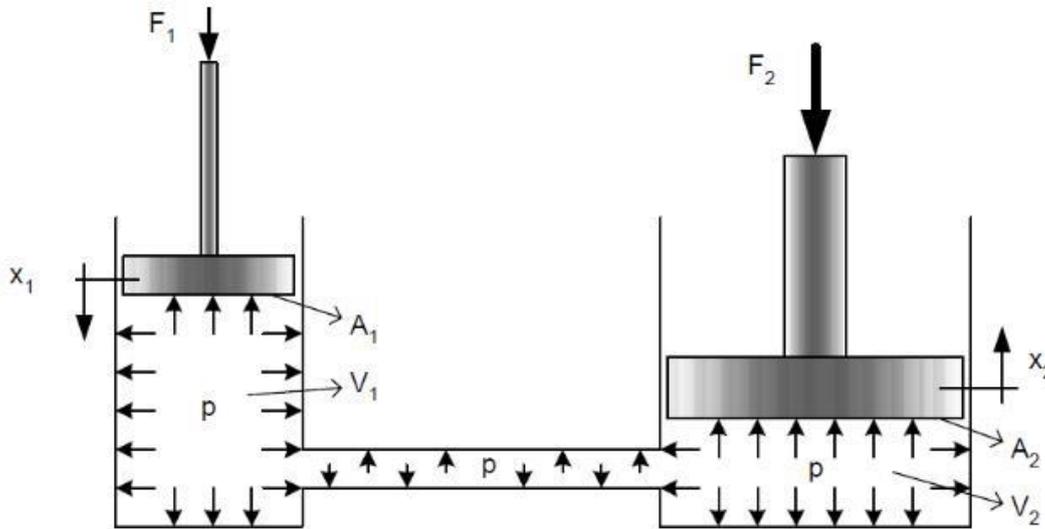
A igualdade pressão (P) (Figura 3) e força sob área (F/A), de acordo com o princípio de Pascal a pressão de “entrada” deve ser igual à pressão de “saída”, que é exercida pelo fluido (equação 5).

$$\frac{F_e}{A_e} = \frac{F_s}{A_s} \quad (5)$$

Ou ainda através da equação 6:

$$F_e = F_s \frac{A_e}{A_s} \quad (6)$$

Figura 3: Fluido confinado em um cilindro através de um pistão móvel. A pressão em qualquer ponto P depende da área e da força exercida pelo pistão.



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABoYgAB/pneumatica-teoria-pratica>

A relação  $A_e/A_s$  é geralmente bem menor do que 1, logo a força aplicada pode ser bem menor do que o peso que está sendo suspenso[7].

O movimento ao longo de uma distância  $d_e$  desloca um volume de fluido, conforme a equação 7.

$$V = d_e A_e \quad (7)$$

Caso o fluido for considerado incompressível, este volume deve ser igual ao volume deslocado pelo movimento para cima da área maior, representada pela equação 8 [7].

$$V = d_e A_e = d_s A_s \quad (8)$$

Ou ainda através da equação 9.

$$d_s = d_e \frac{A_e}{A_s} \quad (9)$$

A desvantagem para conseguir elevar grandes cargas é a perda da habilidade de mover esta carga rapidamente [7].

Fazendo as substituições necessárias, temos a equação 10.

$$F_e d_e = F_s d_s \quad (10)$$

O que mostra que o trabalho realizado pela força externa sobre a área menor é igual ao trabalho realizado pelo fluido sobre a área maior. Dessa forma, desprezando atrito e as forças dissipativas, não existe ganho ou perda de energia ao utilizar-se este sistema hidráulico [7].

### Medição da pressão

Uma grandeza escalar que relaciona a ação de uma ou mais forças (F) aplicadas sobre determinada área (A), podendo ser tal espaço líquido, gasoso ou sólido. Como a força é calculada em Newtons (N) e a área  $m^2$  (considerando o SI), a unidade de pressão é dada por  $N/m^2$ . Existem diversas outras unidades para se expressar pressão, dentre elas: Pa (Pascal), que corresponde à  $1N/m^2$ ; atm (atmosferas), equivalente à  $1,013 \times 10^5 N/m^2$  [7].

A pressão atmosférica é muito utilizada por medidores, como referência nas medições. Estes medidores, são chamados de manômetros, medem a diferença entre a pressão real e a pressão atmosférica, sendo a pressão medida é chamada de pressão manométrica, calculada através da equação 11 [7].

$$p = \rho gh \quad (11)$$

A pressão real em um ponto do fluido é chamada de pressão absoluta, sempre positiva, e pode ser calculada através da soma da pressão atmosférica com a manométrica [7].

Dessa forma, a pressão hidrostática não depende do formato do recipiente, mas sim da densidade do fluido, da altura do ponto onde a pressão é exercida e da aceleração gravitacional do local [7].

## Trabalho

O trabalho representado, em física, pela letra W equivale à quantidade de energia transformada em um sistema, ou ainda à energia transferida de um corpo para outro. Em relação a força, dizemos que realiza trabalho (equação 12) quando é capaz de causar um deslocamento no corpo no qual é aplicada, [8].

$$W = Fd \cos\theta \quad (12)$$

Em que  $d$  equivalente ao deslocamento sofrido pelo corpo e  $\theta$  o ângulo formado entre a força (F) e o deslocamento (d), sendo válida apenas para determinar o trabalho de forças conservativas – constantes [8].

Um caso particular de trabalho é o da força responsável por causar o deslocamento do corpo, é igual à força Peso. Analisando o trabalho a partir do ponto de vista da energia ao invés do da força, tem-se que o trabalho realizado pelo Peso - uma força conservativa é numericamente igual à variação da energia potencial sofrida, conforme a equação 13.

$$Wp = -\Delta U \quad (13)$$

## Força elástica

A mola pode ser considerada como uma peça que possui uma flexibilidade elástica alta, ou seja, quando necessário apresenta grandes deformações. Além disso, a mola opõe-se à força aplicada a ela, armazenando assim uma energia potencial elástica [7].

Assim, ao estudar as deformações de molas e as forças aplicadas, Robert Hooke, verificou que a deformação da mola aumenta proporcionalmente à força. Estabelecendo assim a seguinte lei, chamada Lei de Hooke, conforme a equação 14: [7].

$$F=Kx \quad (14)$$

Onde:

F: intensidade da força aplicada (N);

K: constante elástica da mola (N/m);

X: deformação da mola (m).

Logo a constante elástica da mola possui relação com as propriedades do material de sua fabricação e as dimensões. Sua unidade mais usual é o N/m (newton por metro) mas também se encontra N/cm e kgf/m [7].

Deste modo, uma deformação é elástica quando ela obedece à lei de Hooke, ou seja, retorna à posição normal (relaxada) quando a força deformadora é retirada [7].

Considere um elástico do tipo usado para prender dinheiro, estique-o e fique segurando. Para mantê-lo esticado, você tem de aplicar uma força sobre ele, armazenando assim uma energia. Portanto, o elástico aplica uma força sobre você, sendo essa força a elástica [7].

## O JOGO:

A garra hidráulica foi pensada para crianças de 6 a 12 anos, com intuito ensinar conceitos de educação ambiental enquanto brincam, sendo um meio das crianças construírem uma consciência “limpa” desde pequenas (Figura 4).

As regras do jogo são simples e não tem um número restrito de jogadores. Basicamente a criança irá pegar um papel na lixeira usando o braço hidráulico. Em todos os papéis terá perguntas e desafios com determinada pontuação, quem cumprir corretamente a tarefa ganha os pontos e no final quem tiver a maior quantidade de pontos ganha.

A vantagem do jogo é que o tema e o nível de dificuldade pode ser ajustado conforme a demanda do grupo.

Algumas sugestões para perguntas e desafios:

1. DESAFIO: Abrace uma árvore;
2. O que é mata ciliar?;
3. Explique o que é coleta seletiva;
4. DESAFIO: Apague todas as luzes que não estiverem usando (2 pontos);
5. Explique o que produz uma composteira;

Figura 4: Atividade feita com jogo



### III. Materiais e Métodos.

Os materiais utilizados para realização do projeto foram:

- Peças de Madeira;
- Colas: De madeira, Super Bonder e Araldite;
- Seringas de 10ml (4un.);
- Seringa de 20 ml (4 un.);
- Goma (para-gota) (2 un.)(Figura 9);
- Fio dental (aproximadamente 30 cm);
- Parafusos (2 un.);
- Porcas (6 un.);
- Broca;
- Serrinha;
- Canetas usadas ou corantes (4 un.);
- Fita crepe.
- Pregos diversos - pequeno e médio (5 un.);
- Pilha velha do tipo 2AA (1 un.);
- Placa de MDF;
- Elástico;
- Papelão;
- Lacre (7 un.);
- Palito de sorvete (2 un.);
- Tinta spray (opcional).

Os métodos utilizados foram:

- Para obter as madeiras do tamanho correto foram utilizados moldes (Figura 5). As madeiras foram cortadas com o auxílio de um marceneiro (Figura 6a - 6c).

Figura 5: Medidas que cada peça de madeira precisa ser cortada.



Fonte: <http://guilhermeeh.blogspot.com.br/2010/06/gabarito-detalhado-do-braco-mecanico.html>



Figura 6a: Madeiras prontas para serem cortadas.



Figura 6b: Madeiras cortadas nos tamanhos necessários para formação da garra.



Figura 6c: Ajuste para os furos dos parafusos ficarem coesos.

- Para a coloração da garra (Figura 7) foi utilizada uma tinta spray.



Figura 7: Pintura das madeiras.

- Em seguida, prendeu-se as extremidades das peças 1 com 2 e 2 com 8 com os parafusos e utilizando as porcas para prender e ajudar na movimentação (Figura 8) e foram coladas as outras peças na estrutura presa (Figura 9a – 9d).



Figura 8: Adequação dos parafusos na garra.



Figura 9a: Colagem da peça 5.



Figura 9b: Colagem da peça 4.



Figura 9c: Colagem da peça 3.



Figura 9d: Colagem das peças 2.

- As seringas e os para-gotas foram conectadas e coladas para que o líquido não vazasse com cola Super Bonder (Figura 10), sendo o par composto por uma seringa de cada volume (10 e 20 ml), as seringas de 10 ml foram adaptadas na estrutura garra (Figura 11a – 11d) e as seringas de 20 ml foram adaptadas no suporte (Figura 12). Utilizando as seringas e os para-gotas foi regulado as distâncias necessárias para uma movimentação ideal da garra.



Figura 10: Colagem da seringa com o para-gotas.



Figura 11a: Seringa colada na peça 4.



Figura 11b: Seringa colada nas peças 2.



Figura 11c: Seringa colada na peça 3.



Figura 11d: Seringa colada na base.



Figura 12: Seringas coladas no suporte.

- A fim de movimentar a garra, as seringas foram preenchidas com líquidos (Figura 13), evitando a entrada de ar.



Figura 13: Líquidos utilizados para preenchimento das seringas.

- Para a base, foi utilizado uma placa de madeira, com o auxílio do técnico Sandro, em que foi furada no centro a fim de encaixar uma pilha antiga (Figura 14), visando que a garra gire. Após recorte, foram coladas a peça 7 e a estrutura da garra na base (Figura 15).



Figura 14: Representa o suporte utilizado para a movimentação da garra.

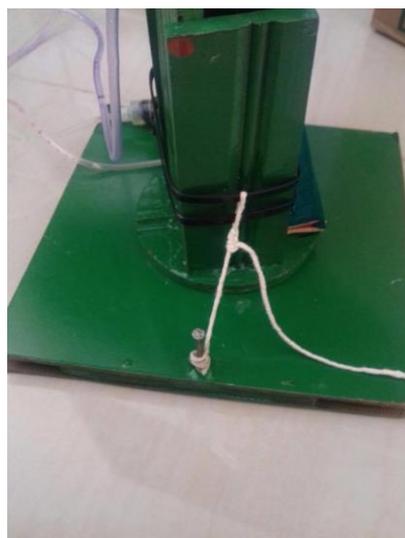


Figura 15: Colagem das peças na base da garra.

- Para a garra (Figura 16), com uma placa de MDF, a partir do molde, cortada duas peças.



Figura 16: Peças utilizadas para a garra.

- O elástico na garra, foi utilizado para um movimento ideal de abertura e fechamento da garra (Figura 17), bem como o fio dental que foi também utilizado para este fim (Figura 18). Na ponta da garra foi adicionado e ajustado um pedaço de papelão para melhor elevação dos objetos (Figura 19).

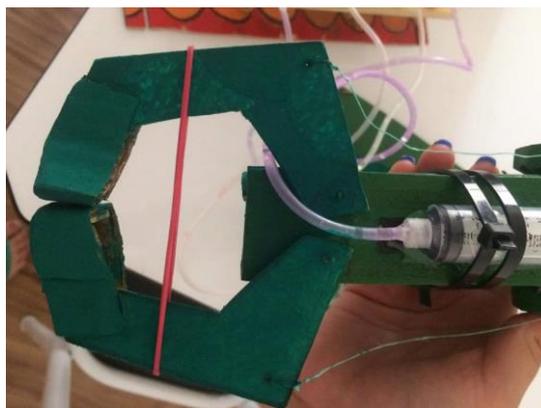


Figura 17: Adesão do elastico para melhor fechamento da garra.

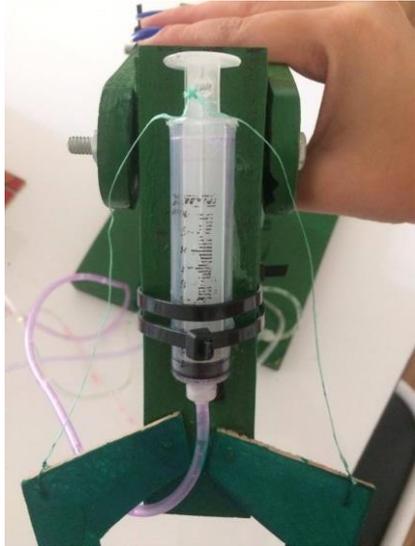


Figura 18: Adaptação do fio dental para o movimento uniforme da garra e a seringa



Figura 19: Colagem do papelão na ponta da garra para elevar os objetos.

#### IV. Resultados.

Ao desenvolver desse projeto foi possível determinar alguns conceitos, como pressão ( $p$ ), peso ( $P$ ), tração ( $T$ ) e torque ( $\tau$ ). Além de encontrar alguns obstáculos e dificuldades na montagem.

##### 1. PESO

Para fazer o teste de resistência da garra foram usados 4 conjuntos de corpos de prova, cada um deles referente a um par de seringas, como exemplo o conjunto 1 que equivale a seringa 1 é composto apenas pelo objeto levantado, conjunto 2 equivale a seringa 2 que é composto pelo objeto levantado mais a estrutura que ela descola e o mesmo para os outros conjuntos, como pode ser visto na Figura 20.

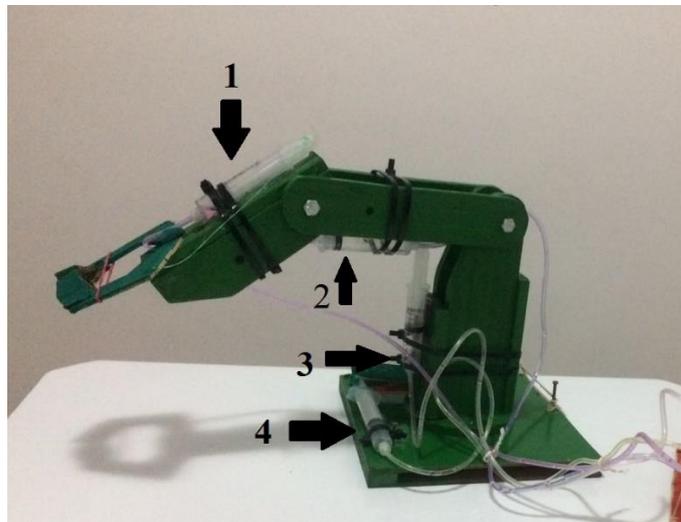


Figura 20: Estrutura completa e finalizada com as indicações das seringas.

Na Tabela 1 mostra a massa medida dos conjuntos já a Tabela 2 representa o peso juntamente com a propagação do erro.

Tabela 1: Massa dos conjuntos de corpo de prova, média e desvio padrão.

Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4
100,10	191,98	282,15	472,28
100,10	191,85	182,10+100	372,17+100
100,10	191,99	182,11+100	372,10+100
$\bar{M}(100,10 \pm 0,01)g$	$\bar{M}(191,94 \pm 0,07)g$	$\bar{M}(282,18 \pm 0,03)g$	$\bar{M}(472,25 \pm 0,04)g$

Para o cálculo do peso foi usado  $P=m.g$  e adotado  $g = 980 \text{ cm/s}^2$  e o erro foi encontrado a partir da equação  $\sigma P^2 = \sigma M^2 + \sigma g^2$ .

Tabela 2: Peso dos conjuntos de prova.

	Peso (dyn)	Erro (dyn)
Conjunto 1	98 009,8	$\pm 0,01$
Conjunto 2	188 101,2	$\pm 0,07$
Conjunto 3	276 536,4	$\pm 0,03$
Conjunto 4	462 805,0	$\pm 0,04$

$$\sigma P^2 = \sigma M^2 + \sigma g^2, \text{ desprezando o erro da aceleração gravitacional}$$

$$\sigma P^2 = \sigma M^2$$

$$\sigma P_1 = \sqrt{0,0001} = 0,01 \text{ dyn}$$

$$\sigma P_3 = \sqrt{0,0009} = 0,03 \text{ dyn}$$

$$\sigma P_2 = \sqrt{0,0049} = 0,07 \text{ dyn}$$

$$\sigma P_4 = \sqrt{0,0016} = 0,04 \text{ dyn}$$

## 2. PRESSÃO

Antes de calcular a pressão é necessário determinar a área de saída e de entrada das seringas a partir do diâmetro (D), sendo assim a Tabela 3 apresenta as dimensões da seringa de 10 mL e 20 mL.

Tabela 3: Diâmetro da seringa de 10 e 20 ml.

Diâmetro seringa de 10 ml ( $\pm 0,005$ ) cm	Diâmetro seringa de 20 ml ( $\pm 0,005$ ) cm
1,810	2,330
1,790	2,335
1,800	2,325
$\bar{D}(1,80 \pm 0,01) \text{ cm}$	$\bar{D}(2,330 \pm 0,007) \text{ cm}$

Com as informações da Tabela 3 é possível calcular a área das seringas a partir da equação  $A = \pi R^2$ , sendo R o raio e o respectivo erro através da equação  $\sigma A^2 = \sigma R^2 + \sigma R^2$ .

$$A_{10 \text{ ml}} = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 = \pi \left( \frac{1,80}{2} \right)^2 = 2,544 \text{ cm}^2$$

$$\sigma A^2 = 0,005^2 + 0,005^2 = \sqrt{0,00005} = 0,007 \text{ cm}^2$$

$$A_{20 \text{ ml}} = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 = \pi \left( \frac{2,330}{2} \right)^2 = 4,22 \text{ cm}^2$$

$$\sigma A^2 = 0,0035^2 + 0,0035^2 = \sqrt{0,0000245} = 0,004 \text{ cm}^2$$

Assim tem-se que:

- Área da seringa de 10 ml:  $2,544 \pm 0,007 \text{ cm}^2$
- Área da seringa de 20 ml:  $4,22 \pm 0,004 \text{ cm}^2$

Com as informações obtidas é possível o cálculo da pressão através da equação 5, que se for feita manipulação algébrica tem- se  $p = \frac{F}{A}$ , lembrando que a força exercida será igual ao peso.

$$p_1 = \frac{P_1}{A_{10\ ml}} = \frac{98\ 009,8}{2,827} = 34\ 669,1899\ \text{dyn/cm}^2$$

$$p_2 = \frac{P_2}{A_{10\ ml}} = \frac{188\ 101,2}{2,827} = 66\ 537,3894\ \text{dyn/cm}^2$$

$$p_3 = \frac{P_3}{A_{10\ ml}} = \frac{276\ 536,4}{2,827} = 97\ 819,7382\ \text{dyn/cm}^2$$

$$p_4 = \frac{P_4}{A_{10\ ml}} = \frac{462\ 805,0}{2,827} = 163\ 708,8787\ \text{dyn/cm}^2$$

Ainda foi calculado o erro da pressão a partir da equação  $\left(\frac{\sigma p}{p}\right)^2 = \left(\frac{\sigma P}{P}\right)^2 + \left(\frac{\sigma A}{A}\right)^2$ .

$$\left(\frac{\sigma p_1}{34\ 669,1899}\right)^2 = \left(\frac{0,01}{98\ 009,8}\right)^2 + \left(\frac{0,007}{2,827}\right)^2$$

$$\sigma p_1 = \sqrt{7369,172} = \pm 85\ \text{dyn/cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma p_2}{66\ 537,3894}\right)^2 = \left(\frac{0,07}{188\ 101,2}\right)^2 + \left(\frac{0,007}{2,827}\right)^2$$

$$\sigma p_2 = \sqrt{27143,31} = \pm 164\ \text{dyn/cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma p_3}{97\ 819,7382}\right)^2 = \left(\frac{0,03}{276\ 536,4}\right)^2 + \left(\frac{0,007}{2,827}\right)^2$$

$$\sigma p_3 = \sqrt{58665,7069} = \pm 242\ \text{dyn/cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma p_4}{163\ 708,8787}\right)^2 = \left(\frac{0,04}{462\ 805,0}\right)^2 + \left(\frac{0,007}{2,827}\right)^2$$

$$\sigma p_4 = \sqrt{164314,46} = \pm 405\ \text{dyn/cm}^2$$

Sendo assim tem-se que:

- Pressão da seringa 1:  $34\,669 \pm 85 \text{ dyn/cm}^2$
- Pressão da seringa 2:  $66\,537 \pm 164 \text{ dyn/cm}^2$
- Pressão da seringa 3:  $97\,819 \pm 242 \text{ dyn/cm}^2$
- Pressão da seringa 4:  $163\,708 \pm 405 \text{ dyn/cm}^2$

Foi calculado também a pressão manométrica da coluna de água (h), a partir da equação 11, considerando a densidade ( $\rho$ ) da água igual a  $1 \text{ g/cm}^3$  e adotando  $g=980 \text{ cm/s}^2$ .

$$h_1 = \frac{p_1}{\rho g} = \frac{34\,669}{980} = 35,37 \text{ cm}$$

$$h_2 = \frac{p_2}{\rho g} = \frac{66\,537}{980} = 67,89 \text{ cm}$$

$$h_3 = \frac{p_3}{\rho g} = \frac{97\,819}{980} = 99,81 \text{ cm}$$

$$h_4 = \frac{p_4}{\rho g} = \frac{163\,708}{980} = 167,04 \text{ cm}$$

Com isso tem-se que:

- Pressão manométrica da seringa 1: 35,37 cm
- Pressão manométrica da seringa 2: 67,89 cm
- Pressão manométrica da seringa 3: 99,81 cm
- Pressão manométrica da seringa 4: 167,04 cm

### 3. TRABALHO.

Para o cálculo do trabalho foi usado a equação 12, considerando a força igual ao peso. Na Tabela 4 mostra o deslocamento (d) sofrido pelas seringas.

Tabela 4: Descolamento do embolo das seringas.

Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4
2,5	3,4	3,7	6
2,4	3,3	3,7	6,3
2,5	3,5	3,8	6,2
$\bar{d}(2,45 \pm 0,07) \text{ cm}$	$\bar{d}(3,4 \pm 0,1) \text{ cm}$	$\bar{d}(2,73 \pm 0,05) \text{ cm}$	$\bar{d}(6,1 \pm 0,1) \text{ cm}$

$$W = P \cdot d$$

$$W_1 = 98\,009,8 \cdot 2,45 = 240\,124,01 \text{ erg}$$

$$W_3 = 276\,536,4 \cdot 2,73 = 754\,944,3 \text{ erg}$$

$$W_2 = 188\,101,2 \cdot 3,4 = 639\,544,08 \text{ erg}$$

$$W_4 = 462\,805,0 \cdot 6,1 = 2\,823\,110,5 \text{ erg}$$

O erro do trabalho realizado é calculado através da equação  $\left(\frac{\sigma W}{W}\right)^2 = \left(\frac{\sigma P}{P}\right)^2 + \left(\frac{\sigma d}{d}\right)^2$  ..

$$\left(\frac{\sigma W_1}{240\,124,01}\right)^2 = \left(\frac{0,01}{98\,009,8}\right)^2 + \left(\frac{0,07}{2,45}\right)^2$$

$$\sigma W_1 = \sqrt{1695896811,0} = \pm 41\,181 \text{ erg}$$

$$\left(\frac{\sigma W_2}{639\,544,08}\right)^2 = \left(\frac{0,07}{188\,101,2}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{3,4}\right)^2$$

$$\sigma W_2 = \sqrt{5532056,29} = \pm 2\,352 \text{ erg}$$

$$\left(\frac{\sigma W_3}{754\,944,37}\right)^2 = \left(\frac{0,03}{276\,536,4}\right)^2 + \left(\frac{0,05}{2,73}\right)^2$$

$$\sigma W_3 = \sqrt{191\,180\,953,6} = \pm 13\,826 \text{ erg}$$

$$\left(\frac{\sigma W_4}{2\,823\,110,5}\right)^2 = \left(\frac{0,04}{462\,805,0}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{6,1}\right)^2$$

$$\sigma W_4 = \sqrt{2141884680} = \pm 46\,280 \text{ erg}$$

Desse modo tem-se que:

- Trabalho da seringa 1:  $240\,124,01 \pm 41\,181 \text{ erg}$
- Trabalho da seringa 2:  $639\,544,08 \pm 2\,352 \text{ erg}$
- Trabalho da seringa 3:  $754\,944,37 \pm 13\,826 \text{ erg}$
- Trabalho da seringa 4:  $2\,823\,110,5 \pm 46\,280 \text{ erg}$

#### 4. DIFICULDADES.

A cada etapa da montagem foi ocorrendo uma sequência de problemas, que foi desenvolvido soluções, nesta parte do relatório irá ser apresentado todos os problemas e soluções que foi usado.

- a. Encontrar o tipo de cola certo.

Para isso foi feita uma pesquisa para saber qual tipo de cola usar para os materiais utilizados, ainda assim não era conhecido o material exato da seringa fazendo com que as primeiras tentativas não funcionassem, no final foi usada a cola Araldite.

- b. Achar material resistente para fazer a garra;

Foi feito vários testes, com papelão, palito de sorvete e capa de caderno, no entanto a melhor opção foi usar madeira do tipo MDF.

- c. Encontrar elástico usado na garra;

Nesse caso também foi usado vários tipos de elásticos, a melhor opção foi o de dinheiro.

- d. Fazer com que a base girasse;

A princípio a base não girava, pois, a seringa não estava bem fixada na peça redonda, por isso é de extrema importância a seringa estar bem acoplada na estrutura da base.

- e. Achar um contrapeso.

Pelo fato do peso se concentrar na parte da garra a estrutura tendia a tombar para frente, com isso foi amarrado um barbante em um prego para segura-la na parte traseira.

## V. Discussão.

A partir do projeto da construção da garra hidráulica, foi possível perceber conceitos físicos que podem ser utilizados em mecanismo, como: pressão, densidade, força, trabalho, energia e força elástica.

O mecanismo da garra pode ser dividido em três partes, o mecânico, que envolve os conceitos de energia e trabalho, o hidráulico que relaciona a pressão com força e o da força elástica.

Desse modo, a movimentação da garra ocorre devido a energia potencial gravitacional que pode ser transferida para o êmbolo da seringa na forma de energia cinética, sendo a força do peso do bloco a responsável por gerar o trabalho e assim a transferência de energia.

Pode-se notar que as seringas da base possuem diâmetros diferentes e consequentemente áreas distintas em relação as seringas presentes na estrutura da garra, resultando em diferentes forças, sendo possível a movimentação da estrutura.

As seringas de 10ml que se encontram na estrutura da garra, possuem uma área menor em relação as seringas de 20ml da base, para que a força de saída seja maior em relação a força de entrada.

$$F_s = F_e \frac{A_s}{A_e}$$

A partir dessa fórmula apresentada acima, pode-se analisar que devido a área de saída ser maior em relação a de entrada, obtém-se uma força de saída maior.

Com isso, observa-se que as seringas de 20 ml potencializam as seringas de 10 ml, para assim a força de saída suportar o peso da estrutura de madeira e consequentemente ocasionar a movimentação, uma vez que, estas seringas foram colocadas em pontos estratégicos, que permitem o mecanismo movimentar-se mais facilmente.

Na abertura da garra pode-se notar a força elástica relacionada com o conceito hidráulico (força de saída), uma vez que força elástica é ocasionada devido a tensão ocorrida no fio dental gerada pela força de saída da seringa, que prende essa estrutura e

assim ocorre uma deformação no elástico, com isso essa força permite a abertura e o fechamento da garra, visto que o elástico retorna a sua posição inicial.

Percebeu-se a necessidade de cuidados ao preencher as seringas com o líquido, evitando que vazassem e a possível entrada de ar, uma vez que, isso pode alterar o funcionamento da garra hidráulica.

Como o foco do projeto foi criar um brinquedo com baixo custo, o jogo foi levado para escolas e visto que a reação das crianças em sua maioria foi positiva, foi observado que a curiosidade em relação ao funcionamento da garra foi consideravelmente grande.

O brinquedo também teve capacidade para prender a atenção das crianças durante um período bom e o intuito de educação ambiental foi atingido a medida que elas se esforçavam para responder as perguntas e acumular pontos. Com isso de fato o projeto conseguiu cumprir seu objetivo.

## VI. Referências.

- [1] Silva, R. T. (04 de Junho de 2004). Fluidos. p. 15. Acesso em: 25 de Maio de 2017, disponível em: [http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/15\\_fluidosVI.pdf](http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/15_fluidosVI.pdf)
- [2] Pordeus, P. R. (s.d.). Considerações e Propriedades dos Fluidos. Acesso em: 25 de Maio de 2017, disponível em: [http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/111/arquivos/CAP\\_1\\_DEFINICOES.pdf](http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/111/arquivos/CAP_1_DEFINICOES.pdf)
- [3] Introdução ao Movimento dos Fluidos. (s.d.). Acesso em: 25 de Maio de 2017, disponível em: [http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/doalcey/materiais/Cap\\_3\\_Cinematica\\_dos\\_fluidos\\_e\\_4\\_Equacoes\\_fundamentais.pdf](http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/doalcey/materiais/Cap_3_Cinematica_dos_fluidos_e_4_Equacoes_fundamentais.pdf)
- [4] Andrade, D. A. (s.d.). Maquinas Hidráulicas - Universidade Federal do Paraná. Acesso em: 26 de Maio de 2017, disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT087-Aula04.pdf>
- [5] Mazali, I. O. (s.d.). Determinação da Densidade de Sólidos. p. 11. Acesso em: 28 de Maio de 2017, disponível em: [http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia\\_lqes\\_meprotec\\_densidade\\_arquimedes.pdf](http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia_lqes_meprotec_densidade_arquimedes.pdf)
- [6] Araújo, P. A. (s.d.). Mecânica dos Fluidos. Acesso em: 28 de Maio de 2017, disponível em: <https://www.ufpe.br/ldpflu/capitulo5.pdf>
- [7] Resnick, R., Halliday, D., & Krane, K. S. Física 2 Edição 5 - volume 1. Acesso em: 07 de Junho 2017.
- [8] SÓ FÍSICA. Trabalho. Disponível em: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Mecanica/Dinamica/trabalho.php> Acesso em: 07 de Junho 2017.