

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE FÍSICA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA**

PRODUTO EDUCACIONAL

**O ENSINO DE MECÂNICA NO CONTEXTO DO
MOVIMENTO DOS ANIMAIS COM AUXÍLIO DA
ROBÓTICA**

MATEUS ANDRIOLA GROSS

**BRASÍLIA – DF
2018**

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO: CARTA AO PROFESSOR	3
CAPÍTULO 1: EXEMPLO DA DISCUSSÃO TEÓRICA NO CONTEXTO DO PRODUTO	4
1.1 ABORDAGENS DOS CONCEITOS DA FÍSICA	4
1.2 O EQUILÍBRIO DO JOÃO BOBO	5
1.3 A DINÂMICA DE UM SALTO EM DISTÂNCIA	10
CAPÍTULO 2: ESTRUTURA DAS AULAS	23
2.1 ESTRUTURA DAS AULAS	23
2.1.1 AULA 1 (DURAÇÃO 50 MIN)	23
2.1.1 AULA 2 (DURAÇÃO 100 MIN)	26
2.1.1 AULA 3 (DURAÇÃO 50 MIN)	32
CAPÍTULO 3: O USO DO ROBÔ	39
3.1 FUNÇÕES DO ROBÔ	39
REFERÊNCIAS	47
ANEXOS	51

INTRODUÇÃO: CARTA AO PROFESSOR

Este produto educacional se apresenta como uma opção ao professor que quer levar novas tecnologias para a sala de aula. No entanto, além de aproximar o aluno da robótica e dos microcontroladores, o produto aqui proposto contextualiza a aplicação destas tecnologias ao mimetizar, com o robô, o movimento animal.

Tal contextualização trás para a atividade de sala de aula a realidade do cotidiano do aluno, pois concretiza os conceitos físicos em exemplos como o saltar do gato ou o de descer de uma escada por um humano, experiências bastante comuns. Desta forma, peso, centro de gravidade, condições de equilíbrio, entre outros, voltam a ser conceitos intuitivos para os alunos.

O robô empregado, um quadrúpede controlado por um microcontrolador *Arduino*, é uma solução para introdução da robótica de baixo custo que esperamos que se torne bastante difundida. As peças plásticas que formam o corpo do robô podem ser impressas e os servos responsáveis pelo movimento são facilmente encontrados. Apesar de toda a plataforma ser de livre acesso e reprodução, utilizamos no desenvolvimento do produto aqui apresentado a versão comercial Vellerman AllBot VR 248. Sua programação, aqui apresentada, pode ser facilmente adaptada a qualquer outra versão.

Note, entretanto, que este produto não se resume ao robô. É o trabalho de contextualização, feito em grande parte com auxílio de vídeos, que faz com que o objetivo didático seja alcançado. Inúmeras vezes encontramos exemplos em que novas tecnologias são usadas sem a devida contextualização.

Neste texto explicamos os fundamentos teóricos abordados no produto, o que se encontra no capítulo 1. Em seguida, no capítulo 2, discutimos o conteúdo de cada aula, e por fim, no capítulo 3, falamos da confecção e programação do robô utilizado.

CAPÍTULO 1

EXEMPLO DA DISCUSSÃO TEÓRICA NO CONTEXTO DO PRODUTO

1.1 ABORDAGENS DOS CONCEITOS DA FÍSICA

Os conteúdos da física trabalhados nas aulas do produto serão apresentados neste capítulo em meio a situações-problemas que não necessariamente foram parte do produto. O propósito do capítulo é apresentar para os leitores os conceitos da mecânica utilizados no produto de forma mais aprofundada daquela que foi utilizada nas aulas.

Os conceitos relacionados ao equilíbrio são explorados tomando como partida o problema do brinquedo João-Bobo, enquanto os relacionados à força e energia são tratados através da dinâmica de um salto em distância realizado por uma pessoa.

Considera-se que situações como a do João-Bobo e a de um salto em distância resgatam ideias prévias dos estudantes que podem ou não estar associadas em um contexto da física. Exemplos como esses servem como ponto de partida nas aulas devido ao fato de estarem potencialmente presentes na realidade dos alunos, o que vai ao encontro da teoria da aprendizagem significativa.

A sequência de como os conceitos são apresentados neste capítulo procura seguir uma ordem que se inicia com aqueles mais fundamentais. Para resolver o problema do João-Bobo, na seção 1.2, a primeira etapa foi a descrição do conceito de força e força resultante, seguido pelo conceito de peso e torque, para finalmente chegar ao conceito de centro de gravidade.

Na seção 1.3, o salto em distância é analisado inicialmente sob a ótica da força e posteriormente sob a ótica da energia. Para a condição que considera a força, a etapa inicial se dá com um estudo da relação da força com a massa e a aceleração, chegando a expressão da segunda lei de Newton,

seguido pela terceira lei de Newton, força normal, e finalizando pela força de atrito estático e dinâmico.

A condição da energia tem início com a descrição do conceito de trabalho, seguido por energia cinética, energia potencial gravitacional, energia potencial elástica, energia mecânica, finalizando pelo princípio da conservação da energia mecânica.

1.2 O EQUILÍBRIO DO JOÃO BOBO

O brinquedo João Bobo é um exemplo de objeto em equilíbrio estável. Para compreender quais são as condições necessárias que permitem que esse brinquedo não caia é necessário definir força, torque e centro gravidade.

Força é para a física uma interação entre dois corpos ou entre corpos com o seu ambiente. Trata-se de uma grandeza vetorial e como unidade de medida o Newton (N). Para descrever um vetor força \vec{F} , é necessário descrever uma direção e sentido em que ele age, como também um módulo, que especifica sua intensidade.

Quando uma força envolve o contato direto entre dois corpos, como o ato de empurrar ou puxar um objeto com a mão, ela é chamada de força de contato. A força normal é um exemplo desse tipo de força. A palavra “normal” é usada para indicar que a força sempre age perpendicularmente à superfície de contato, seja qual for o ângulo dessa superfície. Outro exemplo de força de contato é a força de atrito que, diferentemente da força normal, age paralelamente à superfície.

Existem também as forças de longo alcance que atuam mesmo quando os corpos estão muito afastados entre si. Como exemplo desse tipo de força há a força da gravidade, que é a responsável pela atração dos objetos com Terra, proporcionando sua queda sem que haja um contato direto. Essa atração gravitacional também chamada de peso.

Experiências comprovam que, quando duas forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 atuam ao mesmo tempo sobre um ponto de um corpo, o efeito sobre o movimento do

corpo é o mesmo que o efeito produzido por uma única força \vec{R} dada pela soma vetorial das duas forças $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. O princípio da superposição das forças explica que o efeito sobre o movimento de um corpo produzido por um número qualquer de forças é o mesmo efeito produzido por uma força única igual à soma vetorial de todas as forças.

Normalmente é necessário determinar o vetor soma (resultante) de todas as forças que atuam sobre um corpo. Esse vetor é denominado força resultante:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \sum \vec{F}.$$

Geralmente, os termos “massa” e “peso” são mal empregados e considerados sinônimos na conversão cotidiana. A massa caracteriza a propriedade da inércia de um corpo, conceito que será melhor explorado na próxima seção. O peso de um corpo, por outro lado, é a força de atração gravitacional exercida pela Terra sobre um corpo. Massa e peso estão relacionados: um corpo que possui massa grande também possui peso grande. Qualquer corpo de massa m deve possuir um peso com módulo P dado por:

$$P = m \cdot g.$$

Logo, o módulo P do peso de um corpo é diretamente proporcional à sua massa m . O peso de um corpo é uma força, uma grandeza vetorial, de modo que:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}.$$

O valor da aceleração da gravidade varia de um ponto a outro da superfície da Terra, desde aproximadamente $9,78 \text{ m/s}^2$ até aproximadamente $9,82 \text{ m/s}^2$, porque a Terra não é uma esfera perfeita e devido a sua rotação e seu movimento orbital. Em um ponto onde $g = 9,80 \text{ m/s}^2$, o peso de 1 kg é igual

a 9,80 N. Em outro ponto onde $g = 9,78 \text{ m/s}^2$, o peso valerá 9,78 N, porém sua massa continua sendo igual a 1 kg. O peso varia de um local para outro, a massa não.

Quando 1 kg está na superfície da Lua, onde a aceleração da gravidade é $1,62 \text{ m/s}^2$, seu peso será 1,62 N. Um astronauta de 80,0 kg pesa na Terra $(80,0 \text{ kg})(9,80 \text{ m/s}^2) = 784 \text{ N}$, mas na Lua o peso desse astronauta será apenas $(80,0)(1,62 \text{ m/s}^2) = 130 \text{ N}$, porém sua massa continua sendo igual a 80,0 kg.

Quando uma força \vec{F} atua sobre uma partícula que está a uma posição \vec{r} relativa a uma origem O, haverá um torque devido a ação dessa força. O torque em relação a essa origem O é definido por um vetor perpendicular tanto a \vec{F} quanto a \vec{r} , com intensidade que vale $F \cdot r \cdot \text{sen}(\theta)$, onde θ é o ângulo entre os sentidos de \vec{F} e de \vec{r} . Se a força \vec{F} é aplicada tangencialmente na borda de um disco de raio r , o vetor torque terá magnitude $F \cdot r$, com direção perpendicular ao disco. O sentido do vetor torque é determinado pelas regras do produto vetorial, já que se pode definir torque matematicamente como:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}.$$

O torque é uma grandeza vetorial e sua unidade de medida é dada pela unidade de posição multiplicada pela unidade de força, ou seja, metro.Newton (m.N).

Para um corpo extenso, pode-se utilizar como modelo de representação um conjunto de partículas pontuais microscópicas, cada uma sob uma força gravitacional microscópica. Cada uma das pequenas forças gravitacionais exerce um pequeno torque em relação a um ponto de um eixo de rotação e o torque gravitacional resultante sobre o corpo é a soma desses pequenos torques.

O torque gravitacional resultante em relação ao ponto por onde passa o eixo de rotação pode ser calculado como se toda a força peso \vec{P} do corpo estivesse aplicada em um único ponto, denominado centro de gravidade. Isto é,

$$\vec{\tau}_{res} = \vec{r}_{cg} \times \vec{P},$$

em que \vec{r}_{cg} é o vetor posição do centro de gravidade em relação ao ponto por onde passa o eixo de rotação.

Uma condição necessária para que o centro de gravidade de um corpo rígido permaneça em equilíbrio estático é de que a força resultante atuando sobre o corpo seja nula. A seguinte equação representa essa condição.

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0.$$

Uma segunda condição necessária para que um corpo rígido permaneça em equilíbrio estático é que o torque resultante atuando sobre ele, em relação a qualquer eixo, deve permanecer nulo. A equação abaixo representa essa condição.

$$\sum_{i=1}^n \vec{r}_i \times \vec{F}_i = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 + \vec{r}_2 \times \vec{F}_2 + \dots + \vec{r}_n \times \vec{F}_n = 0.$$

Se a soma de todas as forças e torques que agem sobre um corpo não é zero, o objeto não pode estar em repouso. Existem outras três categorias para o equilíbrio de um corpo que são denominados estável, instável e indiferente.

- Equilíbrio Estável: Acontece quando as forças e os torques que surgem devido a um pequeno deslocamento linear ou angular do corpo, a partir do equilíbrio, tendem a levar o objeto de volta para sua posição inicial de equilíbrio.
- Equilíbrio Instável: Acontece quando as forças e os torques que surgem devido a um pequeno deslocamento linear ou angular do corpo tendem a afastar ainda mais o corpo de sua posição de equilíbrio inicial.
- Equilíbrio Indiferente: Acontece quando um corpo se movimenta sobre

uma superfície e não existem forças e torques com a tendência de fazê-lo retornar ou se afastar de sua posição original.

No João Bobo a maior parte da massa está concentrada próxima a base de apoio, que fica em contato com o chão, conseqüentemente o centro de gravidade (ponto em vermelho da figura 1) estará deslocado para essa região. Quando o brinquedo é deslocado de sua posição de equilíbrio estático, haverá a ação de um torque devido à força gravitacional. Pelo fato do centro de gravidade estar próximo ao chão, haverá uma tendência do torque trazer o objeto para a posição de equilíbrio inicial, caracterizando-se dessa forma como um equilíbrio estático.

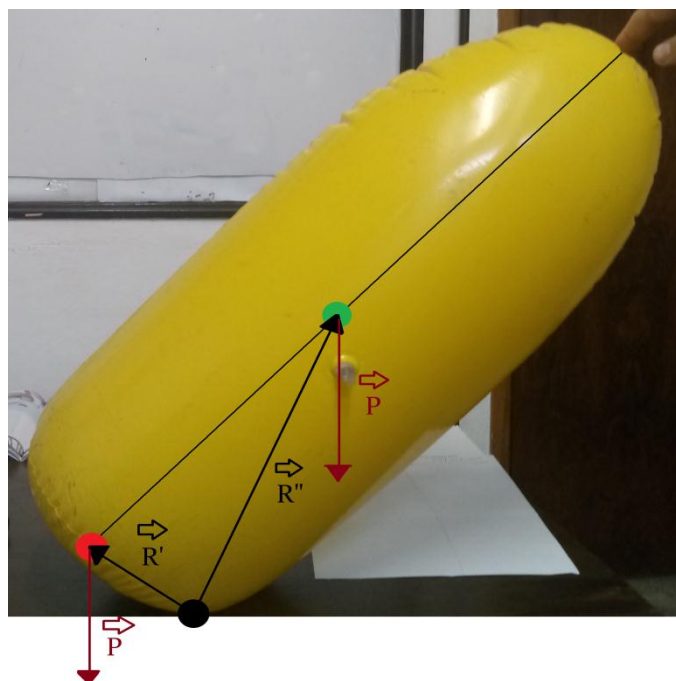


Figura 1: Centro de gravidade real e hipotético de um João Bobo.

Caso o centro de gravidade do objeto estivesse hipoteticamente no centro geométrico (ponto verde da figura 1), quando o brinquedo sofresse um deslocamento angular não haveria a mesma tendência de retornar à posição de equilíbrio inicial como no caso anterior, porque nesta condição o torque gerado pela força gravitacional tenderia a afastar o objeto cada vez mais da posição de equilíbrio inicial. Conclui-se que o equilíbrio estável é favorecido quando o centro de gravidade se aproxima da base de apoio, e a medida que o

centro de gravidade se afasta dessa base maior será a chance da ocorrência de um equilíbrio instável.

1.3 A DINÂMICA DE UM SALTO EM DISTÂNCIA

Para que um atleta de salto em distância tenha sucesso em seu salto é necessário que as diversas grandezas físicas envolvidas no processo se relacionem de forma precisa. Para entender a dinâmica de fenômenos como esse é preciso compreender os conceitos de força resultante, força normal, força de atrito, energia cinética, energias potenciais gravitacional e elástica, e energia mecânica.

A primeira lei de Newton estabelece que quando um corpo sofre uma força resultante nula, ele se move com velocidade constante e aceleração zero. Diversas experiências revelam que uma força resultante diferente de zero atuando sobre um corpo faz com ele acelere na mesma direção da força resultante. Se o módulo da força for constante, o módulo da aceleração também será.

As experiências confirmam inclusive que o módulo da aceleração será diretamente proporcional ao módulo da força resultante que atua sobre o corpo. Essas conclusões sobre a força resultante e aceleração também são válidas a um corpo que se movimenta sobre uma trajetória curva, como, por exemplo, um lançamento oblíquo.

Para um dado corpo, a razão entre o módulo da força resultante e o módulo da aceleração é constante, independentemente do módulo da força resultante. Essa razão denomina-se massa inercial do corpo, ou simplesmente massa, e é representada pela letra m .

$$m = \frac{|\sum \vec{F}|}{a}$$

A massa mede quantitativamente a inércia, ou seja, quanto maior a massa mais um corpo “resiste” a ser acelerado. Sua unidade no Sistema

Internacional é o “quilograma” (kg). A partir disso a unidade “Newton” pode ser interpretada como sendo o valor que uma força que imprime a um corpo de um quilograma de massa uma aceleração de um metro por segundo ao quadrado, $1 N = 1 kg \cdot ms^2$.

Efetivamente, a massa de um corpo depende do número de prótons, nêutrons e elétrons que ele contém, porém não há nenhum método prático para se contar o número dessas partículas em um corpo. O conceito de massa surge como a forma mais fundamental para se caracterizar a quantidade de matéria contida em um corpo.

Newton sintetizou todas as relações e resultados discutidos anteriormente em uma única formulação denominada segunda lei de Newton: quando uma resultante externa atua sobre um corpo, ele se acelera. A aceleração possui a mesma direção e o mesmo sentido da força resultante. O vetor força resultante é igual ao produto da massa do corpo pelo vetor aceleração do corpo.

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}.$$

A segunda lei de Newton é uma lei fundamental da natureza, estabelece uma relação básica entre força e movimento. Existem alguns aspectos dessa lei que necessitam atenção especial:

- A segunda lei de Newton é do tipo vetorial, portanto, normalmente é usada mediante a forma de componentes;
- A segunda lei de Newton refere-se a forças externas, ou seja, as forças são exercidas por outros corpos existentes em suas vizinhanças. É impossível um corpo afetar seu próprio movimento exercendo uma força sobre si mesmo;
- As equações apresentadas são válidas apenas quando a massa m é constante;
- A segunda lei de Newton é válida somente em sistemas de referenciais inerciais, assim como a primeira lei de Newton.

Uma força atuando sobre um corpo é sempre o resultado de uma

interação com outro corpo, de modo que as forças sempre ocorrem em pares. A força que uma pessoa exerce sobre um corpo (ação) é igual e contrária a força que o corpo exerce sobre a pessoa (reação). A experiência mostra que, quando dois corpos interagem, as duas forças decorrentes da interação possuem sempre o mesmo módulo e a mesma direção, mas sentidos contrários. Esse resultado denomina-se terceira lei de Newton.

Na terceira lei de Newton, a ação e a reação são duas forças opostas, algumas vezes sendo referidas como um par: ação e reação. Qualquer uma das forças pode ser considerada como ação e a outra reação, não tendo relação com causa e efeito. O enunciado da terceira lei de Newton é:

$$\vec{F}_{A \text{ em } B} = -\vec{F}_{B \text{ em } A}.$$

A força exercida pelo corpo A sobre o B é a força aplicada pelo corpo B sobre o corpo A. As forças estão atuando sobre corpos diferentes e o sinal oposto indica que são forças que estão em sentidos opostos.

A ação e a reação podem ser forças de contato presentes enquanto dois corpos se tocam. Porém, a terceira lei de Newton também se aplica a forças de longo alcance que não necessitam do contato físico entre os corpos, como no caso da atração gravitacional.

Quando um corpo pressiona uma superfície, experimenta uma força perpendicular a esta, chamada de Força Normal \vec{N} , que é uma consequência da terceira lei de Newton. O nome dessa força é devido ao termo matemático “normal”, que significa “perpendicular”. Se um corpo repousa sobre uma superfície horizontal o peso do corpo \vec{P} está direcionado para baixo e a força normal \vec{N} é dirigida para cima, de modo que o módulo de \vec{N} nestas condições será:

$$N = m \cdot g.$$

Outra aplicação da terceira lei de Newton está no simples fato de

caminhar. Para se mover pra frente, é necessário empurrar o solo para trás com os pés. Em reação, o solo empurra os pés com uma força de mesmo módulo para frente. Essa força externa fornecida pelo solo é a que produz a aceleração do corpo para frente.

Quando dois corpos interagem por contato direto entre suas superfícies, trata-se de uma interação denominada força de contato. Quando as superfícies dos corpos entram em contato, elas se tocam nas saliências. A força normal exercida por uma superfície é exercida nas pontas das saliências. Tipler e Mosca (2000) afirmam que se duas superfícies são mais pressionadas uma contra a outra, a força normal cresce e o achatamento aumenta, o que resulta em uma grande área microscópica em contato. Os autores complementam que geralmente a área microscópica de contato é proporcional à força normal. Sendo a força de atrito proporcional à área microscópica de contato, então, consequentemente também será proporcional à força normal.

Quando uma força horizontal \vec{F} é aplicada sobre um objeto que está em repouso sobre um piso e não se move, conclui-se que deve existir uma força contrária à força \vec{F} que cancela a sua aceleração, esta força é conhecida como força de atrito estático. O atrito estático é a força de atrito que atua quando não existe deslizamento entre as duas superfícies de contato.

A força de atrito estático, que se opõe às forças aplicadas sobre os objetos, pode variar em magnitude de zero até um valor máximo, dependendo da intensidade da força aplicada sobre esses objetos. Quando alguém empurra uma caixa, a força oposta de atrito estático vai aumentando para se manter igual a força aplicada, até que a magnitude da força aplicada exceda o valor máximo da força de atrito estática.

Experiências mostram que o módulo da força de atrito máxima $F_{a\text{ máx}}$ é proporcional à intensidade das forças que pressionam as duas superfícies uma contra a outra, ou seja, é proporcional a magnitude da força normal, como mostra a equação abaixo:

$$F_{e\text{ máx}} = \mu_e \cdot N,$$

a constante de proporcionalidade μ_e é denominada de coeficiente de atrito estático. Este coeficiente depende dos materiais de que são feitas as superfícies em contato e das temperaturas das superfícies.

Se uma força horizontal com magnitude menor que ou igual a $F_{e\text{ máx}}$ atua sobre um objeto, a força de atrito estático contrabalanceará esta força horizontal e a caixa ficará em repouso. Se a força horizontal for um pouco maior que $F_{e\text{ máx}}$ então o objeto começará a deslizar. Assim, o módulo da força de atrito será:

$$F_e \leq \mu_e \cdot N.$$

A orientação da força de atrito estático é a que se opõe à tendência de deslizamento.

Se um objeto for empurrado com uma força suficientemente grande ele deslizará sobre o piso. Enquanto ele escorrega, o piso exerce uma força de atrito dinâmico (também chamado de cinético) que se opõe ao deslizamento. Para manter o objeto deslizando com velocidade constante é necessário que a força aplicada sobre ele seja igual em módulo e oposta à força de atrito dinâmico realizada pelo piso.

Assim como a intensidade da força de atrito estático é máxima, a intensidade da força de atrito dinâmico é proporcional à área microscópica de contato e ao módulo das forças que pressionam as superfícies uma contra outra, ou seja, é proporcional a magnitude força normal, como mostra a equação a seguir:

$$F_d = \mu_d \cdot N,$$

a constante de proporcionalidade μ_d é denominada de coeficiente de atrito dinâmico. Este coeficiente também depende dos materiais de que são feitas as superfícies em contato e das temperaturas das superfícies. Diferente do caso anterior, a força de atrito dinâmico independe da intensidade da força horizontal aplicada. Experimentos indicam que μ_d não varia para uma ampla faixa de

velocidades.

Sabe-se que a força de atrito contrabalança a força aplicada até que comece o deslizamento, que ocorre quando a força aplicada excede $\mu_e \cdot N$ por uma quantidade muito pequena. Enquanto o objeto está deslizando, a força de atrito permanece $\mu_d \cdot N$. Para quaisquer duas superfícies em contato, μ_e é maior que μ_d . A conclusão que se tira é que para começar o deslizamento é necessário aplicar sobre o objeto uma força maior do que para mantê-lo em deslizamento com velocidade constante.

Considerando as ideias apresentadas, a partir da análise de forças é possível estabelecer as condições necessárias para que o salto de um atleta seja executado. A trajetória do salto é descrita pelo movimento oblíquo que nesse caso depende principalmente da ação de duas forças, a força normal atuando na vertical e a força de atrito estático atuando na horizontal. A soma dessas duas forças produz a força resultante, como representado na figura 2.



Figura 2: Análise de algumas forças no instante do salto.
FONTE: Adaptado de Tanya (2010).

É importante que exista aderência suficiente entre o pé do atleta com o solo, pois caso não haja, a força de atrito dinâmico passará a atuar. A força de atrito dinâmico é uma força de menor módulo comparado à força de atrito estático máxima, sendo assim, caso a primeira atue no processo, poderá haver a ocorrência de um escorregão e o atleta não ter sucesso no salto, já que uma das componentes da força resultante é a força de atrito.

Para compreender aspectos do salto considerando as energias envolvidas é necessário primeiramente definir o conceito de trabalho.

Considera-se inicialmente um corpo que se desloca uma distância d ao longo de uma linha reta. Enquanto o corpo se move, uma força com módulo constante \vec{F} atua sobre ele na mesma direção e sentido de seu deslocamento d . O trabalho W realizado pela força constante nessas condições é o produto da força de módulo F pelo deslocamento d :

$$W = F \cdot d.$$

O trabalho é uma grandeza escalar e sua unidade de medida no sistema internacional é o Joule (J).

Se alguém aplica uma força \vec{F} sobre um corpo de modo a formar um ângulo θ com o deslocamento, \vec{F} terá uma componente na direção do deslocamento dada por $F \cdot \cos(\theta)$ e uma componente perpendicular dada por $F \cdot \sin(\theta)$. A componente que efetivamente atuará no movimento do corpo será aquela paralela ao deslocamento, portanto o trabalho realizado pela força será:

$$W = F \cdot d \cdot \cos(\theta).$$

O trabalho pode ser reescrito por uma única equação na forma de um produto escalar:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}.$$

Quando existem diversas forças atuando sobre um corpo, o trabalho total será a soma algébrica de todos os trabalhos realizados pelas forças individuais, já que se trata de uma grandeza escalar.

O trabalho total realizado pelas forças externas sobre um corpo é relacionado com o deslocamento do corpo, ou seja, com variações de posição do corpo. Contudo o trabalho total também é relacionado com a velocidade do corpo. Quando o corpo aumenta de velocidade o trabalho total realizado sobre ele será positivo, se o corpo diminui a velocidade o trabalho total será negativo

e quando não ocorrem variações na velocidade o trabalho total é nulo.

Analogamente ao trabalho, a energia, independente de qual tipo seja, é uma grandeza escalar e tem como unidade de medida o Joule. A energia cinética depende somente da massa e do módulo da velocidade, e não da direção do movimento, e é definida matematicamente como:

$$K = \frac{m.v^2}{2}.$$

O trabalho realizado pela força resultante que atua sobre um corpo fornece a variação de energia cinética desse corpo. Esse resultado é conhecido como teorema do trabalho-energia:

$$W = \Delta K.$$

O teorema trabalho-energia é válido para qualquer sistema de referência inercial inclusive para forças que não são constantes e para trajetórias curvas.

A energia potencial é uma energia associada a posição dos corpos em um sistema. Esse tipo de energia fornece a possibilidade da realização de um trabalho. Existe uma energia potencial associada com o peso do corpo e com sua altura acima do solo e ela é chamada de energia potencial gravitacional.

Para um objeto de massa m que se move ao longo de um eixo vertical e cuja única força que atua sobre ele seja o seu peso \vec{P} , supondo que o corpo esteja suficientemente próximo da Terra para que o seu peso seja constante, o trabalho W realizado pelo peso quando o corpo vai de uma altura y_1 acima da origem até uma altura menor y_2 será:

$$W = P.(y_1 - y_2).$$

O peso e o deslocamento possuem o mesmo sentido, de modo que o trabalho realizado sobre o objeto por seu peso é positivo. Substituindo o peso pelo produto da massa e da gravidade obtêm-se a seguinte relação para o trabalho:

$$W = m \cdot g \cdot y_1 - m \cdot g \cdot y_2.$$

A expressão acima também fornece o trabalho da força peso quando o corpo se move de baixo para cima, sendo que nesse caso o trabalho será negativo porque o deslocamento possui sentido contrário ao peso. É possível expressar o trabalho da força peso em termos dos valores das quantidades $m \cdot g \cdot y$ no início e no final do deslocamento. Essa grandeza, o produto do módulo do peso $m \cdot g$ pela altura y acima da origem do sistema de coordenadas, denomina-se energia potencial gravitacional U_{grav} .

$$U_{grav} = m \cdot g \cdot y.$$

É possível expressar o trabalho realizado pela força gravitacional durante o deslocamento de y_1 para y_2 do seguinte modo:

$$W = -\Delta U_{grav}.$$

O sinal negativo antes de ΔU_{grav} é fundamental. Quando um corpo se move de baixo pra cima, y aumenta, o trabalho realizado pela força gravitacional é negativo e a energia potencial gravitacional aumenta. Quando um corpo se move de cima para baixo, y diminui, o trabalho realizado pela força gravitacional é positivo e a energia potencial gravitacional diminui.

O processo de armazenamento de energia em um corpo deformável, como uma mola, é em termos da energia potencial elástica. O corpo é elástico quando ele volta a ter a mesma forma e o mesmo tamanho que possuía antes da deformação. Em uma mola ideal, a força e a deformação são diretamente proporcionais.

Para se determinar a energia potencial elástica, considera-se uma mola ideal com uma extremidade da direita fixa e a extremidade da esquerda presa a um bloco móvel de massa m , permitindo o movimento ao longo de um eixo na horizontal $0x$, com o ponto de equilíbrio na posição zero. Quando se move o

bloco lateralmente, comprimindo ou esticando a mola, a força aplicada sobre a mola realizará um trabalho igual:

$$W = \frac{k.x_2^2}{2} - \frac{k.x_1^2}{2},$$

em que k é a constante elástica da mola, x_1 a posição inicial do bloco e x_2 a posição final. Quando a mola é esticada, haverá sobre ela um trabalho positivo, quando se permite o relaxamento da mola, segurando a sua extremidade, há sobre ela um trabalho negativo. A expressão anterior para o trabalho continua válida quando a mola é comprimida em vez de esticada, de modo que as posições x_1 e x_2 podem receber valores negativos.

Pela terceira lei de Newton a força aplicada sobre a mola é igual e contrária à força aplicada pela mola, logo o trabalho também será. Portanto, para determinar o trabalho da mola, inverte-se o sinal da relação anterior considerando o deslocamento de x_1 a x_2 .

$$W_{el} = \frac{k.x_1^2}{2} - \frac{k.x_2^2}{2}.$$

Quando x_1 e x_2 são positivos e x_2 maior x_1 a mola realiza um trabalho negativo sobre o bloco, que se move no sentido positivo do eixo enquanto a mola o puxa no sentido contrário. Quando x_1 e x_2 são positivos e x_1 é maior que x_2 a mola realiza um trabalho positivo. Para uma compressão da mola, onde os valores de x_1 ou x_2 , ou ambos são negativos, a expressão acima continua sendo válida.

O trabalho realizado pela mola pode ser representado em termos de uma quantidade no início e no final do deslocamento. Essa quantidade é a energia potencial elástica e é dada pela seguinte relação:

$$U_{el} = \frac{k.x^2}{2}.$$

Pode-se usar a expressão acima para se determinar o trabalho realizado

pela força elástica da mola sobre o bloco em termos da variação da energia potencial elástica:

$$W = -\Delta U_{el}.$$

Quando a mola é alongada a partir de seu ponto de equilíbrio, o trabalho da força elástica é negativo e a energia potencial elástica aumenta. Quando uma mola que é comprimida relaxa, o trabalho da força elástica é positivo e a energia potencial elástica diminui. A energia potencial elástica é sempre positiva, mesmo para valores negativos para posição. Quanto maior for o valor do alongamento ou da compressão da mola, maior é o valor da energia potencial elástica armazenada pela mola.

A soma da energia cinética de um sistema com a energia potencial gravitacional ou potencial elástica é chamada de energia mecânica total:

$$E_{mec} = K_{sis} + U_{sis}.$$

A energia mecânica total de um sistema é conservada se o trabalho total realizado por todas as forças em uma transformação é igual a zero, este princípio é denominado conservação da energia mecânica.

$$E_{mec} = K_{sis} + U_{sis} = \text{constante}.$$

A expressão acima implica que a soma das energias cinética e potencial iniciais deverá ser igual a soma das energias cinética e potenciais finais, ou seja:

$$K_i + U_i = K_f + U_f.$$

O princípio de conservação da energia mecânica revela que em um processo físico as energias cinéticas podem ser convertidas em potenciais e as potenciais em cinéticas. Quando a energia mecânica é conservada, é possível

relacionar a energia mecânica inicial do sistema com a energia final, sem considerar o movimento intermediário e o trabalho realizado pelas forças envolvidas. Portanto, a conservação de energia mecânica permite resolver problemas sem recorrer ao uso direto das leis de Newton.

Voltando ao caso do atleta, a análise das energias e suas transformações iniciam-se instantes antes do salto. Para que haja o impulso vertical os joelhos deverão estar flexionados, nesta condição o problema se assemelha ao de molas, envolvendo hipoteticamente um armazenamento de energia potencial elástica, embora a real energia neste processo seja de origem química. Em seguida, essa energia potencial é convertida em energia cinética, e por isso ocorre o movimento na vertical com velocidade de subida \vec{v}_y . Além da velocidade de subida \vec{v}_y existe também uma velocidade na horizontal \vec{v}_x adquirida anteriormente ao salto. A energia cinética inicial do salto é calculada com a velocidade \vec{v} , que é a soma vetorial das duas velocidades, \vec{v}_x e \vec{v}_y . A figura 3 ilustra as velocidades no instante do salto, no ponto de altura máxima h e no instante em que o atleta retorna ao chão.

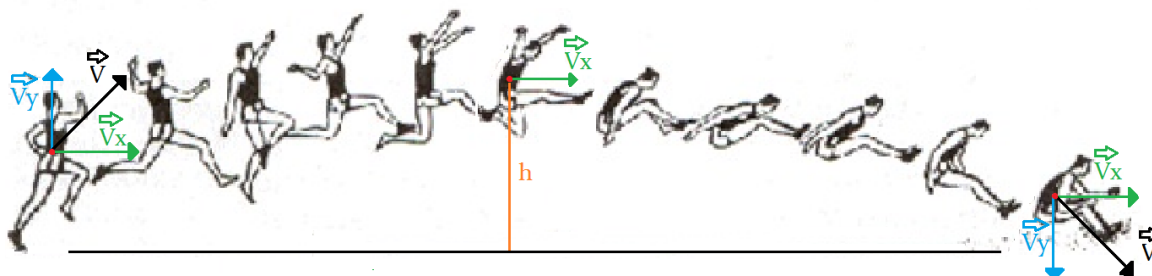


Figura 3: Análise de algumas energias durante o salto.

FONTE: Adaptado de Tanya (2010).

Durante a subida a parcela da energia cinética que compete a velocidade vertical \vec{v}_y é convertida em energia potencial gravitacional até uma altura máxima h , enquanto a parcela da energia cinética que compete a \vec{v}_x não sofre alteração, permitindo o movimento uniforme na horizontal. Após atingir a altura máxima h , o atleta iniciará a queda, onde ocorrerá nova transformação de energia. Durante a queda, a energia potencial gravitacional armazenada será progressivamente transformada em cinética, refletindo no aumento da componente vertical da velocidade, sem alterações na componente horizontal.

Por fim, o atleta chegará ao chão com a mesma velocidade \vec{V} com que iniciou o salto.

Na análise descrita, considerou-se que em todo o processo as forças atuantes são conservativas, o que implica que as transformações de energias sofridas pelo atleta ao longo do salto seguiram o princípio físico da conservação da energia mecânica.

CAPÍTULO 2

ESTRUTURA DAS AULAS

2.1 ESTRUTURA DAS AULAS

Nesta seção são relatados os aspectos em comum observados nas aplicações do projeto incluindo informações a respeito de como as aulas foram planejadas.

2.1.1 AULA 1 (DURAÇÃO 50 MIN)

Nesta aula pretendeu-se trabalhar os conceitos físicos de centro de gravidade, equilíbrio estável, equilíbrio instável e equilíbrio indiferente. Toda a sequência didática levou em consideração os resultados dos alunos no pré-teste para que o professor pudesse adequar a sua linguagem, evitando termos técnicos que não fazem parte do vocabulário dos estudantes.

Na primeira parte da aula se utilizou slides, que podem ser vistos no anexo 5. No primeiro slide foi definido centro de gravidade e como podemos identificá-lo no corpo humano. Para auxiliar nesse processo, foi projetado, junto a definição, um desenho de uma pessoa em várias posições e o local onde estava localizado o seu centro de gravidade. Esta imagem serviu de organizador prévio para que o professor pudesse introduzir a ideia de equilíbrio.

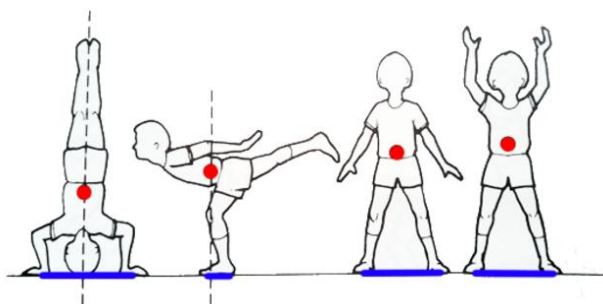


Figura 4: Localização do centro de gravidade de uma pessoa em diferentes posições.

FONTE: Suelen de Souza Pain (2015).

Após definir centro de gravidade, a mesma imagem foi explorada para introduzir a ideia de equilíbrio. O professor perguntou aos alunos se é possível afirmar que, nas 4 posições da figura 4, a pessoa está em condição de equilíbrio, a resposta era sempre afirmativa. Porém, quando questionados o porquê da pessoa estar em equilíbrio o professor não obteve resposta por parte dos alunos. Neste instante o professor explicou como o centro de gravidade interfere nas condições necessárias para se estabelecer o equilíbrio nos objetos.

Nos próximos slides são definidas as possíveis formas de equilíbrio: estável, instável e indiferente. Após apontar os aspectos gerais de cada forma de equilíbrio foram tratados alguns exemplos do cotidiano do aluno e também alguns no contexto do movimento dos animais, com o objetivo de promover a diferenciação progressiva das ideias. O professor trouxe a sala de aula o brinquedo “João Bobo”. A maioria dos alunos conhecia o brinquedo, porém não relacionavam o fato de ele não cair com o fato de ele estar na condição de equilíbrio estável. Os alunos puderam nesse momento brincar e verificar que o centro de gravidade do brinquedo é bem próximo ao chão.

O último slide buscou proporcionar a reconciliação integrativa das ideias, para tanto, fez-se o uso de um vídeo que retratava a caça de dois cachorros a um coelho. Antes de dar início foi perguntada à turma qual das duas espécies consegue atingir uma maior velocidade, de forma unânime os alunos responderam que seriam os cachorros. Porém, sabendo previamente que o coelho escapará, foi solicitado que os alunos observassem os fatores que contribuem ao coelho levar vantagem nessa caça, apesar de não ser tão rápido quanto os cachorros.

Após o vídeo ser repedido mais uma vez, o professor indagou aos alunos algumas possíveis respostas para a questão levantada anteriormente: como o coelho consegue escapar? Iniciou-se um breve debate onde alguns alunos expuseram suas ideias, e por um processo de mediação desse debate, o professor construiu, levando em conta as ideias apresentadas pelos estudantes, a resposta para o problema, resgatando os conceitos de equilíbrio e centro de gravidade.



Figura 5: Um cachorro caçando um coelho.

Propostas para utilização: vídeo como ilustração e conteúdo de ensino.

Dinâmicas para análise: análise em conjunto e completar o vídeo.

FONTE: edwards roa (2012).

Além do vídeo, para atingirmos a reconciliação integrativa, o robô quadrúpede foi utilizado. Nesse momento, foi convidado um aluno para que controlasse as articulações do robô, procurando condições de equilíbrio e forçando quedas. O professor orientou ao aluno que apertasse uma sequência de botões na qual o robô levantava 2 patas e permanecia de pé, equilibrado. Posteriormente, pediu ao aluno que deixasse uma pata levantada e que deslocasse uma das 3 patas que ficaram no chão, nesse momento o robô sofre uma queda. A seguinte questão foi levantada: “Como pode o robô não ter caído quando estava com duas patas no chão, mas depois, com 3 patas cai?” Semelhante a situação do vídeo iniciou-se um debate e algumas ideias surgiram. Levando em conta as ideias apresentadas pelos estudantes, o professor foi mediando a conversa até uma resposta para o problema, fazendo uso dos conceitos de equilíbrio e centro de gravidade. Essa atividade marcou o fim da aula.

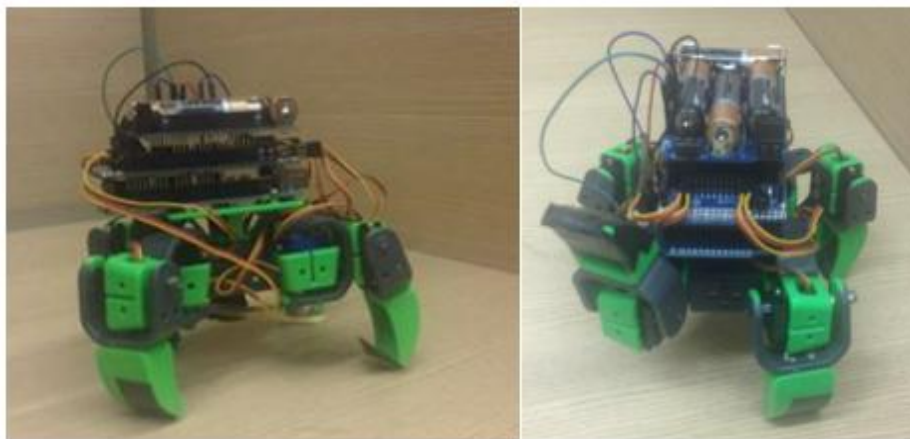


Figura 6: Possíveis condições de equilíbrio para o Robô.

2.1.2 AULA 2 FORÇA (DURAÇÃO 100 MIN)

Nesta aula pretendeu-se trabalhar os conceitos físicos de força peso, força normal e força de atrito. Na primeira parte da aula foi feito o uso de slides. No primeiro slide foi definido o conceito de força peso, apontando sua dependência com a gravidade local e também da massa dos objetos que estão sujeitos a ação desta força. Foi apresentada sua expressão matemática e sua unidade de medida.

Ao se tratar sobre os aspectos gerais da força peso, foi necessário deixar claro a diferença existente entre força peso e massa, visto que geralmente há uma confusão por parte dos alunos entre essas duas grandezas. Para auxiliar na diferenciação, o professor explorou a ideia de que massa é uma grandeza escalar e força, independente de sua natureza, é uma grandeza vetorial. Também explicou que no caso específico da força peso há uma dependência direta com a gravidade, portanto, seu valor depende do lugar do espaço onde o objeto se encontra, diferente da massa, que é uma propriedade intrínseca dos corpos.

No slide seguinte, para promover a diferenciação progressiva das ideias, o professor apresentou um vídeo onde havia uma grande câmara onde se fez vácuo. Na parte superior da câmara estavam uma bola de boliche e uma pena. O professor explicou a turma que esses dois objetos seriam abandonados da mesma altura ao mesmo tempo. Ao dar sequência ao vídeo, os alunos

puderam ver que os dois chegavam ao mesmo tempo no chão. A pergunta levantada foi a seguinte: como essa situação foi possível sabendo que os dois objetos possuem massas diferentes? Esta questão abriu um debate que deu oportunidade ao professor de retomar os conceitos trabalhados, no slide anterior de forma mais abstrata, para uma situação concreta.



Figura 7: Queda de uma bola de boliche e uma pena.
Propostas para utilização: vídeo como simulação e conteúdo de ensino.
Dinâmicas para análise: análise em conjunto e completar o vídeo.
Fonte: GIPHY (2017).

O próximo slide trouxe a definição de força normal e sua relação com a terceira lei de Newton – ação e reação. Para ter a garantia de consolidação do conceito o professor pediu para os alunos imaginarem a situação hipotética de como seria o mundo caso não existisse a ação da força normal. Foi exibido uma cena do filme de ficção “*Ghost: Do outro lado da vida*” na qual o protagonista, ao perceber que estava morto, tenta tocar o próprio corpo, porém sua mão o atravessa. O professor acrescentou em seguida que a situação retratada no filme é equivalente a uma pessoa penetrar em uma superfície rígida, como por exemplo, ficar em pé e ir afundando no chão. Complementou afirmando que neste último caso a força normal é a resposta que uma superfície dá a compressão que os pés realizam no solo, podendo se estabelecer uma condição onde as forças se anulam. Assim, os alunos puderam perceber a importância desse conceito em questões como o equilíbrio e o movimento.



Figura 8: Cena do filme “*Ghost: Do outro lado da vida*”.
 Propostas para utilização: vídeo como sensibilização e conteúdo de ensino.
 Dinâmicas para análise: análise em conjunto.
FONTE: playbuzz (2014).

Após esse exemplo, para promover a diferenciação progressiva, o professor apresentou um vídeo onde há um caso especial no movimento dos animais: o andar de um gorila. O gorila utiliza para se locomover tanto os membros inferiores, as pernas, quanto os superiores, os braços. O professor exibiu um vídeo ilustrando o caminhar de um gorila, e pediu aos alunos para repararem que ao se locomover, o gorila faz força no chão com as mãos e os pés, e o chão, como reação a essa força de ação empurra os pés e as mãos, com a mesma intensidade, mas em sentido contrário.



Figura 9: Movimento de um gorila.
 Propostas para utilização: vídeo como ilustração e conteúdo de ensino.
 Dinâmicas para análise: análise em conjunto.
FONTE: Studio Tecnala (2012).

O próximo slide abordou força de atrito, trazendo sua definição e explicitando sua dependência com o coeficiente de atrito e força normal. Foi

apresentada sua expressão matemática e sua unidade de medida. Levantaram-se os aspectos gerais dessa força e foram tratados alguns exemplos do cotidiano do aluno e também alguns no contexto do movimento dos animais, com o objetivo de promover a diferenciação progressiva das ideias.

Em seguida foi exibido aos alunos um vídeo cujo objetivo era identificar se haviam compreendido a influência da força de atrito na locomoção. O vídeo ilustrava o salto de dois gatos. O primeiro gato, estando sobre um carro coberto de gelo, tenta atingir um nível acima de uma garagem. O segundo gato, estando sobre um muro com uma superfície lisa, tenta atingir um segundo muro. Os dois gatos não conseguem realizar os saltos com êxito pois de alguma forma escorregam. No slide em que esse vídeo foi projetado havia a seguinte pergunta: “Qual a relação da força de atrito com o fato desses gatos não terem conseguido realizar os saltos?”



Figura 10: Salto de gatos com pouco atrito.
Propostas para utilização: vídeo como ilustração e conteúdo de ensino.
Dinâmicas para análise: análise em conjunto e completar o vídeo.
FONTE: Fail Fail Channel (2014).

Após o vídeo ser reproduzido algumas vezes o professor abriu espaço para que os alunos pudessem discutir como a força de atrito estava relacionada com o escorregão dos gatos. Uma ideia levantada por alguns estudantes levantava a hipótese de que o chão ofereceu pouca aderência às patas dos gatos, o professor questionou ao restante da turma se essa ideia fazia sentido, e a turma concordou. Aproveitando as hipóteses apresentadas

pelos estudantes, o professor construiu de forma colaborativa uma resposta para este problema, resgatando os conceitos de coeficiente de atrito e força normal.

No processo de reconciliação integrativa dos conceitos, fez-se o uso de uma imagem onde nela havia uma pessoa puxando uma grande caixa com uma corda. Nessa imagem foram ilustrados os vetores força de ação (executada pelo homem), força de atrito, força normal e força peso (aplicada sobre o centro de gravidade da caixa). Foi ampliada uma parte da região de contato da caixa com o solo, mostrando aos alunos as imperfeições das superfícies que permitem o surgimento do atrito.

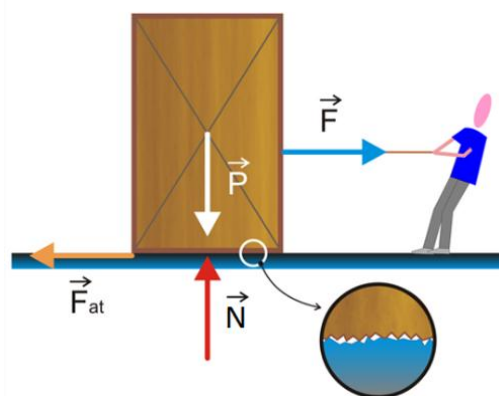


Figura 11: Forças existentes ao se puxar uma caixa.
FONTE: Borges e Nicolau (2013).

Para iniciar a segunda parte da aula, onde se fez uso do robô, o professor utilizou alguns vídeos como organizadores prévios. Os vídeos exibiam os movimentos de animais de 2, 4, 6 e 8 patas. A análise feita em cada vídeo concentrava-se na força aplicada no chão por cada pata, na condição de movimento, na qual o animal reveza as patas que estão em contato com o chão, e na condição estática, na qual o animal está com todas suas patas em contato com o chão.

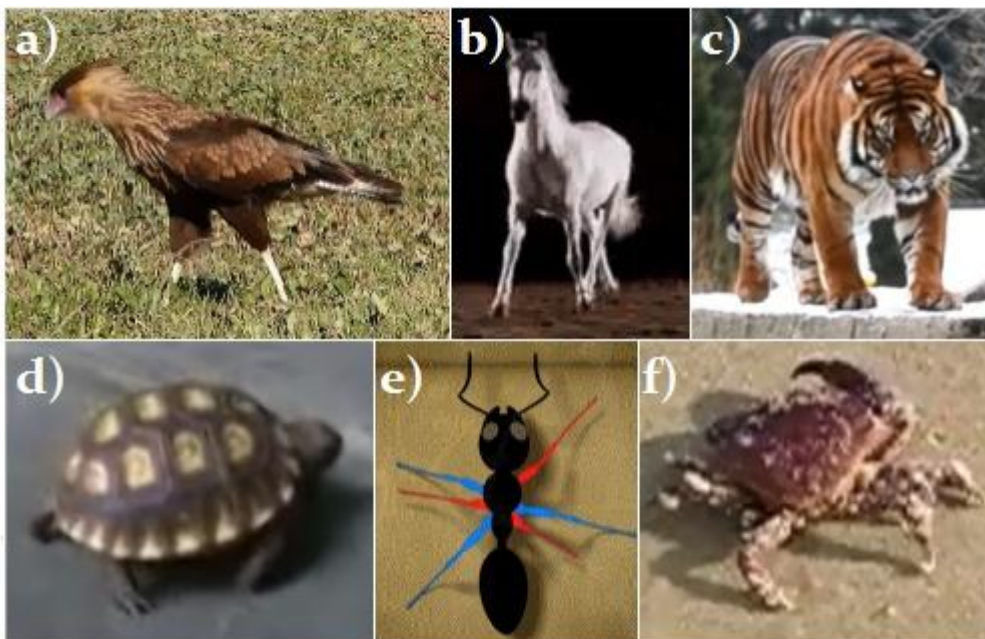


Figura 12: Movimento de animais de duas, quatro, seis e oito de patas.

Propostas para utilização: vídeo como ilustração e conteúdo de ensino.

Dinâmicas para análise: análise em conjunto.

FONTE: a) mvrxiru van Ray (2016); b) Phillipe Phillipe Channel, Bepe (2014); c) The CGBros (2015); d) José Raimundo J-R (2013); e) GIPHY (2017); f) maryrekp (2007).

Posterior aos vídeos, a reconciliação integrativa é iniciada com o uso do robô quadrúpede. Nesse momento, foi convidado um aluno para acionar um botão do controle remoto o qual permitiu ao robô caminhar. Em seguida, solicitou-se ao mesmo aluno que levantasse o robô, que foi programado para cessar seu movimento no momento em que perdesse o contato com o chão.

O código 4 auxiliou na análise do movimento do robô. Foi projetado no quadro branco 4 reservatórios que correspondiam a força aplicada no chão por cada uma das patas. Antes do acionamento do botão, ou seja, com o robô em pé e as suas 4 patas em contato com o chão, cada reservatório estava preenchido até a metade. Foi explicado aos alunos que a soma das forças contidas em cada reservatório correspondia ao peso total do robô.

Quando o botão era acionado, o robô caminhava. Seu movimento foi programado para que, ao se projetar para frente, duas de suas patas ficavam levantadas enquanto as outras duas patas ficavam em contato com o chão e dessa forma as patas iam se revezando sempre aos pares. Nas patas em contato com o chão os “reservatórios de força” iam ao máximo e para as patas levantadas não havia registro de força, ao revezarem as patas, as forças

também eram modificadas, como era ilustrava em tempo real pelo projetor. O professor enfatizou novamente que apesar das forças aplicadas pelas patas no chão estarem sempre se modificando, a soma delas, em qualquer instante do movimento, era igual ao peso do robô, como podia ser observado através dos reservatórios.

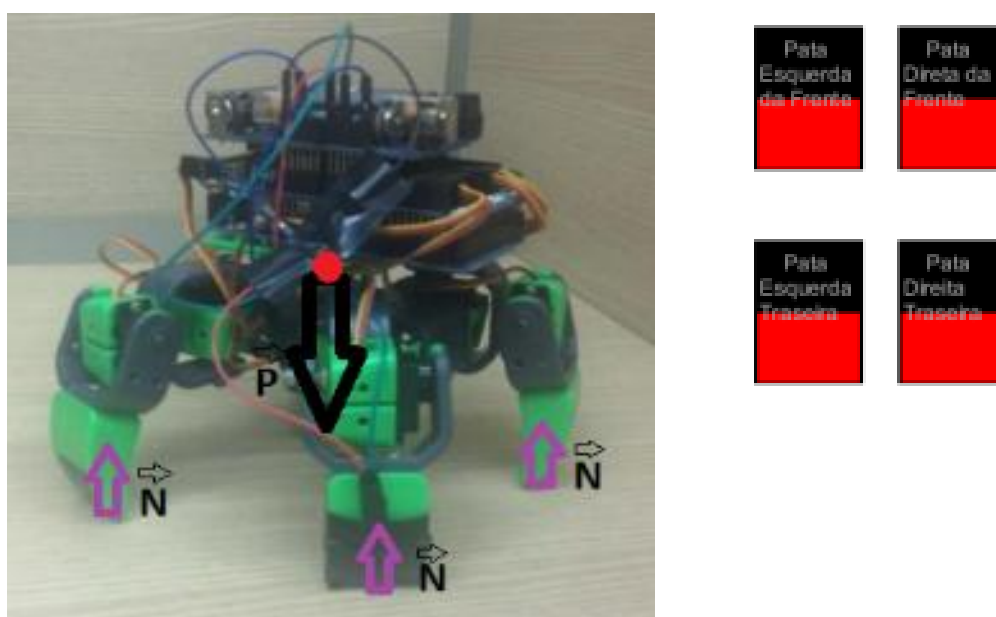


Figura 13: Registro das quatro patas do Robô em contato com o chão com a representação das forças pelo código 4.

No outro momento da atividade, em que o robô é levantado, os estudantes puderam perceber que no momento em que o robô perde contato com o chão, não havia registro de força aplicada pelas patas ao chão, pois todos os reservatórios de força se esvaziavam. Ao retomar o contato, as forças voltavam a aparecer nos reservatórios. Essa atividade marcou o fim da aula.

2.1.3 AULA 3 ENERGIA (DURAÇÃO 50 MIN)

Nesta aula pretendeu-se trabalhar os conceitos físicos de energia cinética, energia potencial e energia mecânica. Na primeira parte da aula foi feito o uso de slides. No primeiro slide foi definido o conceito de energia cinética, apontando sua dependência com a velocidade e massa dos objetos que carregam esse tipo de energia. Foi apresentada sua expressão

matemática e sua unidade de medida.

Após apontar os aspectos gerais da energia cinética, foram tratados alguns exemplos do cotidiano do aluno e também alguns no contexto do movimento dos animais, com o objetivo de promover a diferenciação progressiva das ideias. Nos dois slides seguintes o professor apresentou dois vídeos. O primeiro deles investigou um cachorro, de massa 10 kg em uma corrida onde atingiu uma velocidade de 68 km/h. Os alunos assistiram ao vídeo e ajudaram o professor a executar o cálculo da energia cinética do cachorro. O professor deu ênfase nas unidades de medida adequadas no cálculo, pois para se obter valores de energia em Joules era necessário que o valor da velocidade estivesse em m/s, portanto, foi necessário uma mudança de unidades de km/h para m/s.



Figura 14: Cachorro correndo a 68 km/h.

Propostas para utilização: vídeo como ilustração e conteúdo de ensino.

Dinâmicas para análise: análise em conjunto.

FONTE: jackjuniortv (2016).

O segundo vídeo investigou a corrida de um guepardo, de massa 70 kg e que na situação ilustrada atingia uma velocidade de 102 km/h. Antes de executar os cálculos da energia cinética, o professor questionou a turma se a energia cinética do guepardo deveria ser maior, menor ou igual a energia cinética do cachorro. Foi sugerido que essa análise levasse em consideração o fato de que a massa e o quadrado da velocidade são grandezas diretamente proporcionais a energia cinética. Dessa forma os alunos puderam perceber, sem cálculos, que devido ao fato da massa e da velocidade do guepardo serem maiores do que a do cachorro, a energia cinética também deveria ser maior, o

que foi comprovado posteriormente com o cálculo. A análise foi finalizada pelo cálculo da razão da energia cinética do guepardo pela do cachorro, o valor encontrado indicou quantas vezes uma é maior em relação a outra.



Figura 15: Guepardo correndo a 102 km/h.
Propostas para utilização: vídeo como ilustração e conteúdo de ensino.
Dinâmicas para análise: análise em conjunto.
FONTE: Top Mundo Perfeito (2016).

O slide seguinte abordou energia potencial gravitacional, trazendo sua definição e explicitando sua dependência com a massa, a gravidade e a altura. Foi apresentada sua expressão matemática e sua unidade de medida. Levantaram-se os aspectos gerais desse tipo de energia e, como no caso anterior, foram tratados alguns exemplos do cotidiano do aluno e também alguns no contexto do movimento dos animais, essa etapa confirma a diferenciação progressiva das ideias.

No próximo slide o professor apresentou um vídeo que ilustrava o salto de um cachorro de massa 10 kg. Os alunos assistiram ao vídeo e ajudaram o professor a determinar a energia potencial gravitacional do cachorro no instante em que atingiu o ponto máximo do salto. Para realizar o cálculo foi necessário identificar, além da massa que já era um dado conhecido, a gravidade e a altura. O professor informou que a aceleração da gravidade, por se tratar da superfície da Terra, poderia ter seu valor aproximado para 10 m/s^2 . A altura exigiu dos alunos um exercício de estimativa. No vídeo havia um homem adulto próximo do salto e a partir desse parâmetro os alunos chegaram a um consenso de que a altura do salto estava em torno de 1,5 m. Em posse das três informações (massa, gravidade e altura) foi possível realizar o cálculo da energia potencial gravitacional.



Figura 16: Salto de um cachorro.

Propostas para utilização: vídeo como ilustração e conteúdo de ensino.

Dinâmicas para análise: análise em conjunto.

FONTE: PERROS PERROS PERROS (2015).

O slide seguinte é dedicado a energia potencial elástica, trazendo sua definição e apontando a influência da constante elástica e da necessidade de que haja um deslocamento da posição de equilíbrio de uma mola para que esta armazene esse tipo de energia. Foi apresentada a expressão matemática de energia potencial elástica e sua unidade de medida. Após apontar seus aspectos gerais, foram tratados alguns exemplos do cotidiano do aluno, com o objetivo de promover a diferenciação progressiva das ideias.

Para complementar os exemplos o professor trouxe a sala de aula o brinquedo “Mola Maluca”. Grande parte dos alunos conhecia o brinquedo, e sabiam que a mola tende a procurar a sua posição de equilíbrio após sofrer uma deformação, porém, não haviam relacionado esse fenômeno ao fato de existir um armazenamento de energia potencial elástica na mola. O objeto foi passado de mão em mão para que os alunos pudessem brincar e testar diferentes deformações.

Após distinguir energia cinética e potencial, o professor apresentou o conceito que as relaciona, a energia mecânica. Junto com sua definição matemática, também se explorou o princípio físico da conservação da energia mecânica. Para promover a reconciliação integrativa dos conceitos, fez-se o uso de um vídeo onde mostrava o *looping* de um carrinho de montanha-russa. Havia duas barras na parte inferior do vídeo que indicavam energia cinética e

energia potencial gravitacional do carrinho. O carrinho iniciou o movimento na parte superior da montanha (parte 1 da Figura 17) com máximo de energia potencial gravitacional e mínimo de energia cinética, como indicavam as barras. A medida que ele foi descendo (parte 2 da Figura 17) as barrinhas foram mudando de tamanho, energia potencial gravitacional diminuindo e energia cinética aumentando. O professor enfatizou que nesse momento as energias estavam se transformando de um tipo em outro, e sua soma, em qualquer instante da descida, se mantém constante e corresponde a energia mecânica. Toda a análise desconsiderou a existência de possíveis atritos.

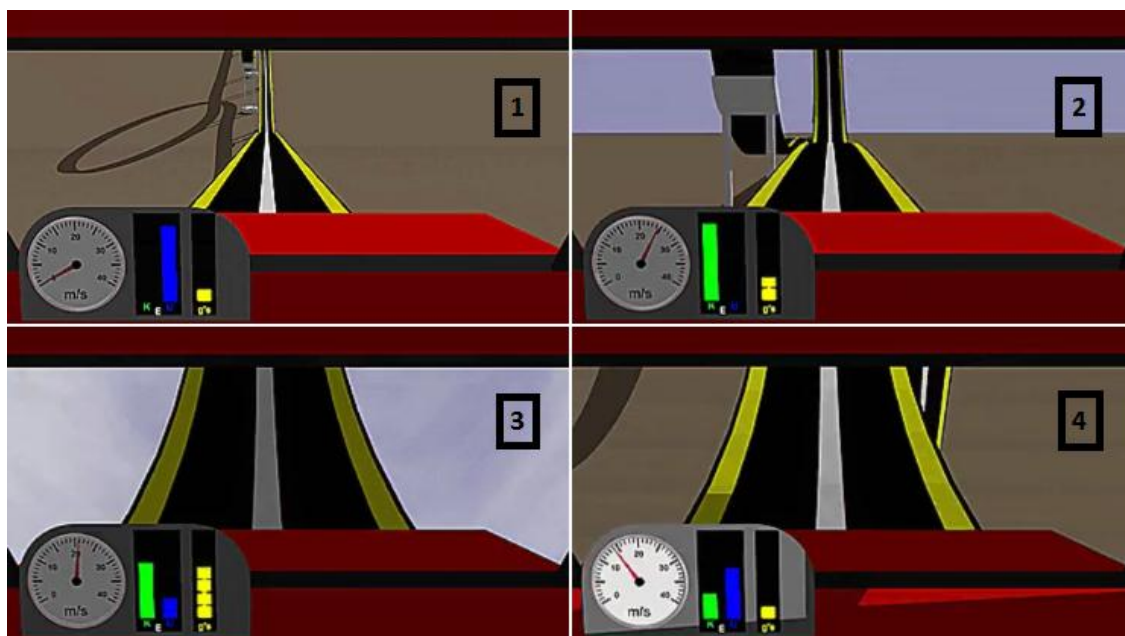


Figura 17: *Looping* de um carro em movimento.

Propostas para utilização: vídeo como ilustração, simulação e conteúdo de ensino.

Dinâmicas para análise: análise em conjunto.

FONTE: Animations for Physics and Astronomy (2013).

Durante o *looping* (parte 3 da Figura 17), que se iniciou quando o carrinho estava na parte inferior da trajetória, houve novamente o processo de transformação de energia. A energia cinética foi sendo progressivamente transformada em energia potencial gravitacional, mas não em sua totalidade, pois para completar a volta, na parte superior do *looping* o carrinho deveria possuir uma quantidade da energia cinética. A partir do ponto máximo do

looping (parte 4 da Figura 17) ocorreu o último processo de transformação de energia, potencial gravitacional em cinética.

Além do vídeo, para contribuir com a reconciliação integrativa, o robô quadrúpede foi utilizado na aula. Nesse momento, foi convidado um aluno para acionar um botão do controle remoto o qual permitiu ao robô, estando inicialmente em pé, abrir todas as patas e assim simular uma queda livre de seu centro de gravidade. Posteriormente, solicitou-se que aluno apertasse o mesmo botão e dessa forma o robô voltou a ficar de pé proporcionando a elevação de seu centro de gravidade.

O código 3 facilitou a visualização das variáveis envolvidas no movimento do robô. Antes do acionamento do botão, ou seja, com o robô em pé, foi projetado no quadro branco dois reservatórios de energia, um relativo a energia potencial gravitacional e outro relativo a energia cinética. Estando em pé, o centro de gravidade do robô fica a uma determinada altura do chão e está parado, portando o reservatório da energia potencial gravitacional se encontrava cheio e o da cinética vazio. Quando acionado o botão, o robô cai e como pode ser verificado pelos reservatórios, a energia cinética progressivamente aumentou enquanto a potencial gravitacional diminuiu.

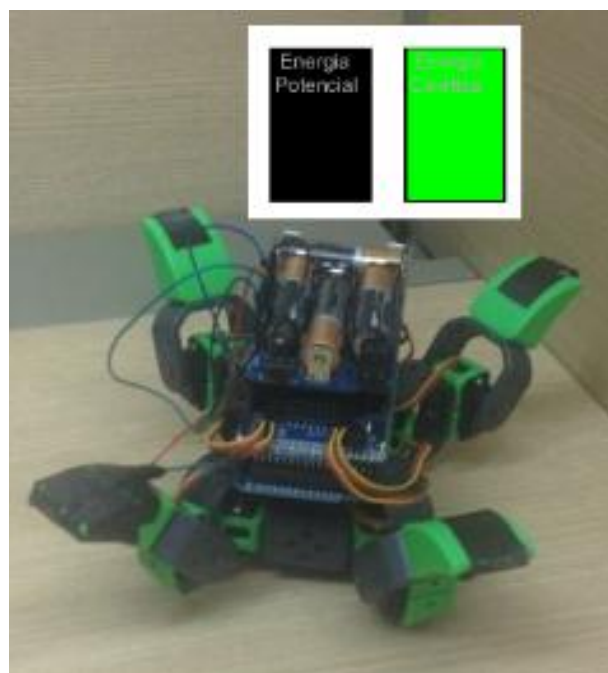


Figura 18: Registro do Robô em queda com a representação das energias cinética e potencial gravitacional pelo código 3.

Na segunda etapa desta atividade o botão é acionado novamente. O robô começa o movimento de subida e o reservatório de energia potencial gravitacional é progressivamente preenchido até ficar completamente cheio. O aluno acionou o botão mais algumas vezes e a turma pode acompanhar de forma simultânea a troca de energias. Essa atividade marcou o fim da aula.

CAPÍTULO 3

O USO DO ROBÔ

3.1 FUNÇÕES DO ROBÔ

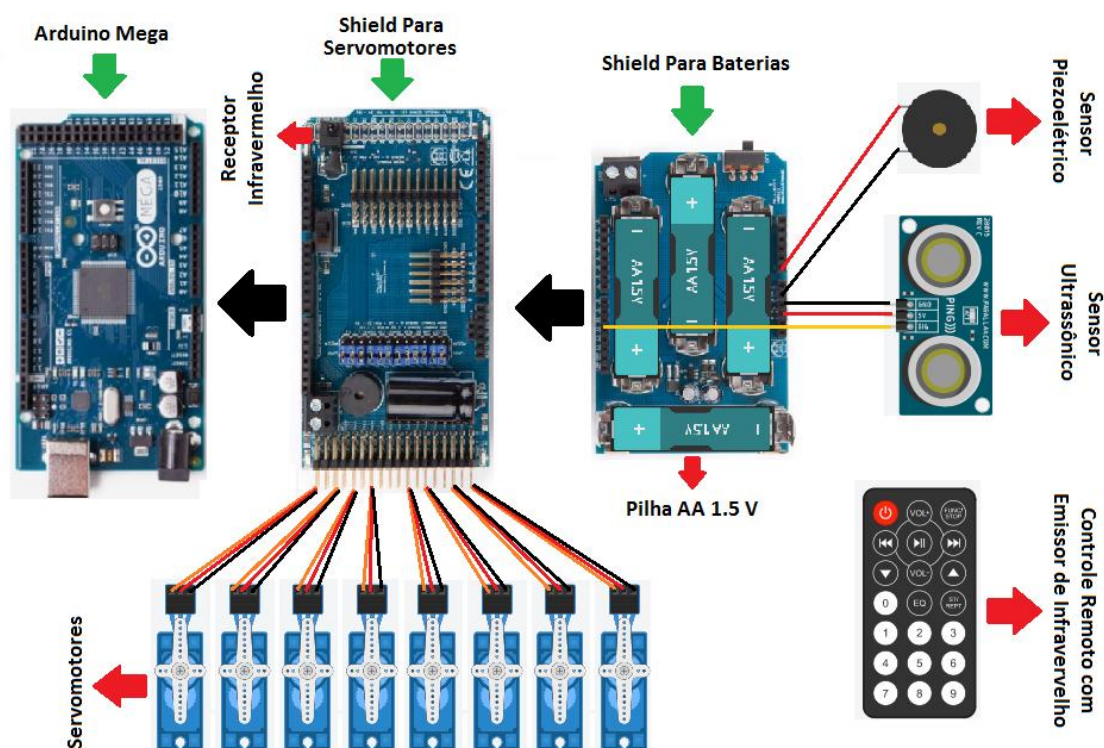


Figura 19 – Esquema das conexões entre as placas e dispositivos eletrônicos do Robô

Utiliza-se no projeto um robô quadrúpede do sistema ALLBOT, modelo VR408, produzido pela empresa velleman®. Neste modelo há 8 servomotores (2 para cada membro), um *shield* para servomotores e um *shield* para baterias. O sistema inteiro é controlado por uma placa *Arduino*.

O robô foi montado e programado para desenvolver algumas funções com o objetivo de facilitar o ensino de conceitos relacionados ao equilíbrio, força e energia. O controle dos movimentos foi feito por controle remoto e o computador com projetor foi utilizado para ilustrar a variação de algumas

dessas grandezas com o tempo.

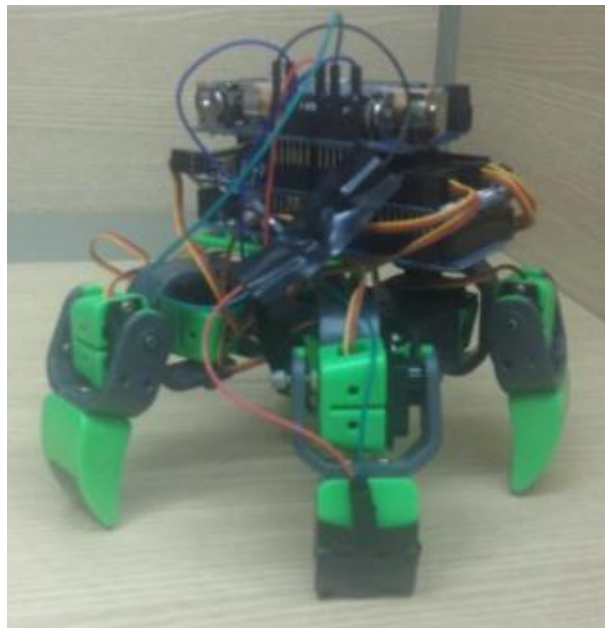


Figura 20: Robô quadrúpede ALLBOT VR408.

Foram acopladas no *Arduino* duas placas de suporte, denominadas *shields*. A primeira delas, conectada diretamente na placa *Arduino* é uma *shield* para os servomotores, modelo VRSSM, com pinos especialmente projetos para entrada dos seus cabos, como ilustrado na figura 21.



Figura 21: VRSSM *Shield* para Servomotores.

A outra placa, conectada sobre o *shield* de servomotores, é uma placa de alimentação, que tem como função fornecer energia a todo o sistema. Essa placa permite a conexão de 4 pilhas de 1,5 V como também a entrada de cabos de alimentação de uma fonte externa com corrente contínua. A figura 22 ilustra uma *shied*, modelo VRBS1, semelhante ao usado no projeto.



Figura 22: VRBS1 *Shield* para Baterias.

Dois códigos para o *Arduino* foram criados para possibilitar os movimentos das articulações do robô e a aquisição de dados dos dois sensores, o piezoelétrico e o ultrassônico. Também foram desenvolvidos dois códigos com o *software processing*, que pôde ser executado com auxílio do computador. Os dados coletados pelo *Arduino* eram processados e recolhidos pelos códigos do *processing*, que teve como função gerar imagens gráficas para análises qualitativas das grandezas trabalhadas.

O código 4 (disponível no anexo 9) prevê o giro dos 8 motores, cada motor controlado por um botão do controle remoto. A posição inicial dos motores faz com que o robô fique em pé, quando um motor é acionado ocorre um giro de 90° em seu eixo. Dessa forma, quando o eixo gira uma articulação do robô se movimenta. Para que os motores voltem a posição inicial, basta acionar novamente o mesmo botão que foi apertado. A figura 23 mostra o controle remoto e a figura 24 indica o sentido de movimento de cada articulação do robô quando acionados por um botão do controle remoto.



Figura 23: Controle Remoto.

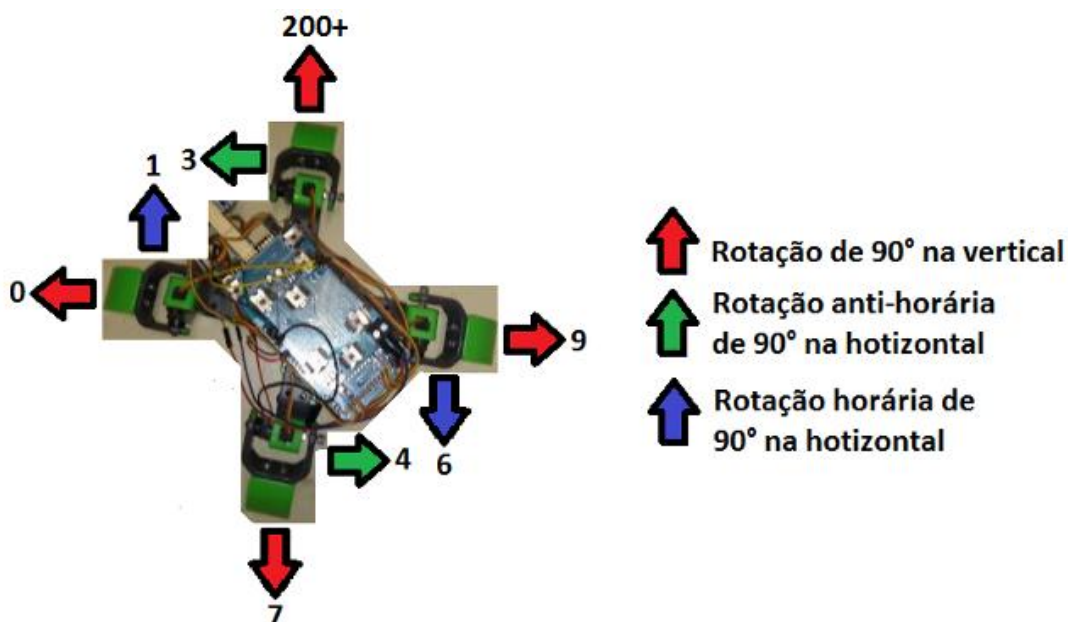


Figura 24: Indicação do sentido de movimentos de cada articulação do Robô e dos botões que a acionam os servomotores.

Parte deste código foi projetado para o deslocamento do robô, que se iniciava quando o botão +100 era acionado. O movimento foi programado para se assemelhar ao de uma tartaruga, ou seja, duas patas (diagonalmente opostas) eram levantadas enquanto as outras duas permaneciam em contato com o chão. Posteriormente alternava-se o movimento, as duas que estavam em contato com o chão levantavam e as outras se abaixavam.

Para cessar o movimento o código prevê duas possibilidades, uma delas é o acionamento pelo controle remoto de uma articulação, dessa forma o robô

é paralisado e o servomotor selecionado é rotacionado. Outra possibilidade é alguém tirar o contato do robô com o chão, levantando-o a certa altura. Para este último procedimento o *Arduino*, com auxílio do sensor ultrassônico, reconhece que o contato com o chão não é mais estabelecido e paralisa o movimento instantaneamente.

O código 3 (disponível no anexo 8) foi elaborado para o robô ficar em duas posições. Assim como no código 4, a posição inicial dos motores faz com que o robô fique em pé. Quando o botão 8 é acionado, os 4 motores ligados diretamente às patas do robô se abrem, e dessa forma o robô cai. Quando acionado o mesmo botão o robô volta a ficar em pé. Ao cair, o sensor piezoelétrico envia um pico de sinal elétrico ao *Arduino*, pois sofre uma colisão com o chão. A intensidade do sinal é proporcional à intensidade da colisão, o que pode ser relacionado com a energia cinética do robô naquele instante.

O código 2 do *processing* (disponível no anexo 7), funciona em conjunto com o código 4 (*Arduino*) e tem a função de projetar na tela do computador quatro barras, cada uma representando qualitativamente a força normal aplicada sobre cada pata do robô. A figura 25 mostra todas as possíveis condições.

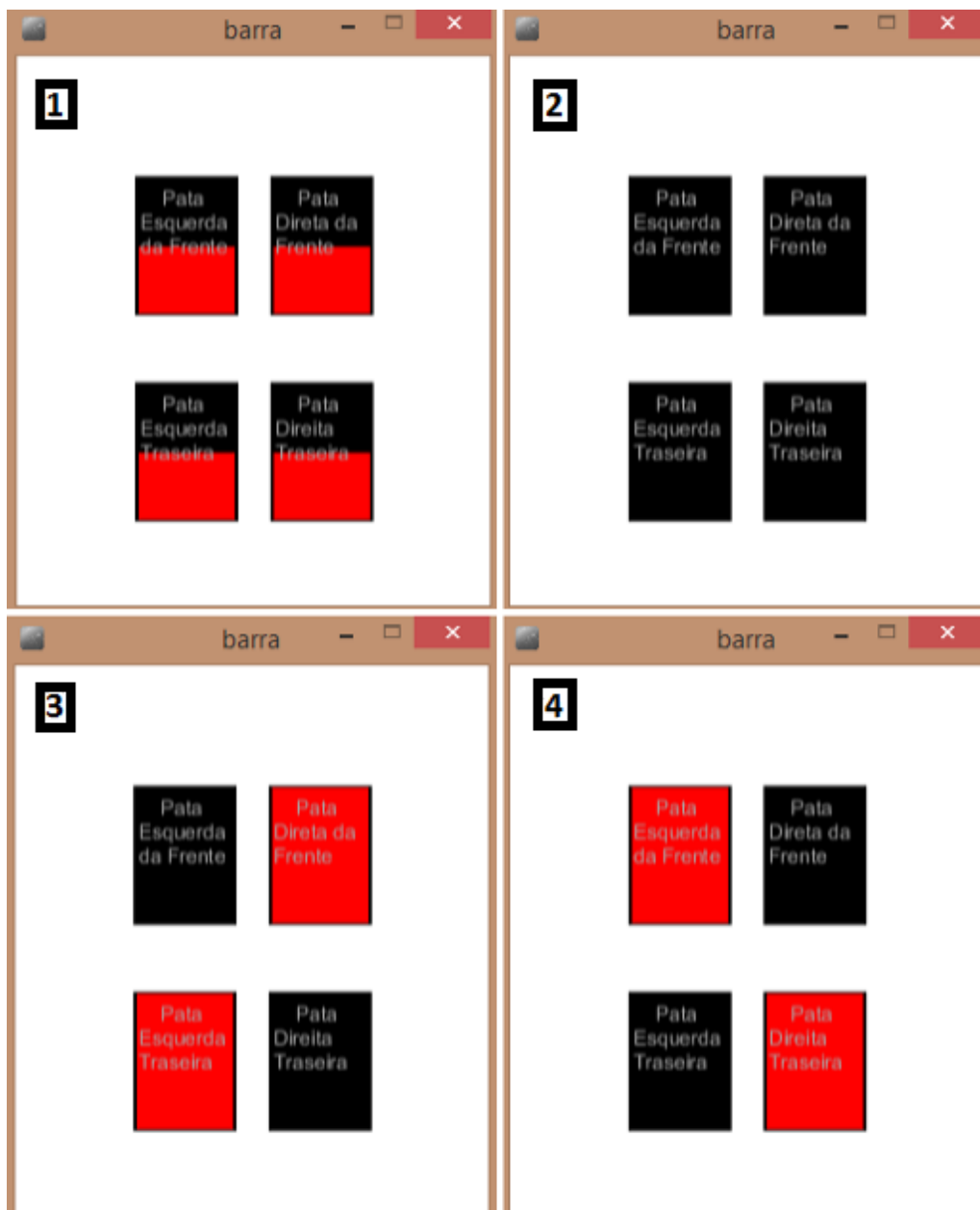


Figura 25: Quadros representando quatro condições de Forças Normais aplicadas sobre cada para do Robô.

Quando todas as patas estão em contato com o chão, a força normal será igual em cada uma das patas, portanto cada barra é preenchida de vermelho até a metade, como ilustrado no quadro 1. O quadro 2 representa uma situação na qual o robô não está em contato com o chão, não havendo forças normais, como consequência todas as barras estão vazias. No quadro 3 e 4 há uma situação na qual duas patas diagonalmente opostas estão levantadas e as outras duas abaixadas, as forças normais sobre cada pata em

contato com o chão deverá ser o dobro observada no quadro 1, condições que são observadas no deslocamento do robô.

O código 1 do *processing* (disponível no anexo 6) funciona em conjunto com o código 3 (*Arduino*) e tem a função de projetar na tela do computador duas barras, a primeira delas representa qualitativamente a energia potencial gravitacional do centro de gravidade do robô e a segunda a sua energia cinética. A figura 26 mostra duas condições extremas, de máximos e mínimos para essas energias.



Figura 26: Quadros representando duas condições de energias cinética e potencial gravitacional para do Robô.

Quando o robô encontra-se parado em pé, verifica-se a condição do quadro 1, em que sua energia potencial é máxima, visto que seu centro de gravidade está na posição máxima em relação ao chão, e a sua energia cinética é mínima, já que está parado. Portanto, a primeira barra está totalmente preenchida em verde enquanto que a segunda está vazia.

Ao sofrer a queda, comandada pelo botão 8 do controle remoto, verifica-se que as energias são progressivamente transformadas, de um tipo em outro. A mudança de energias nas barras só é iniciada no momento em que o sensor piezoelétrico colide com o chão, garantindo que ocorreu de fato uma queda e, conseqüentemente, um ganho de energia cinética ao longo do processo. O quadro 2 representa a situação na qual o robô se encontra imediatamente antes de colidir com o chão, ou seja, condição na qual a energia potencial gravitacional será mínima e a sua energia cinética será máxima, como ilustrado

pelas barras.

Quando o botão 8 é acionado novamente o robô coloca-se imediatamente em pé, como programado pelo *Arduino*. Estando o robô em pé e parado, as barras voltam a condição inicial, ou seja, máxima energia potencial gravitacional e mínima energia cinética. O acúmulo de energia potencial gravitacional na prática se dá devido ao trabalho realizado pelos motores.

REFERÊNCIAS

ANIMATIONS FOR PHYSICS AND ASTRONOMY. *The Physics of Driving Through a Vertical Loop*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5yD2tOhI8SU&t=5s>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

ARDUINO®. *ARDUINO MEGA 2560 REV3*. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>> Acesso em: 31 de Dezembro de 2017.

BORGES e NICOLAU. *Atrito dinâmico*. Disponível em: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/09/cursos-do-blog-mecanica_9.html> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

EDWARDS ROA. *Liebre Vs Galgo*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=hFla8snOaDY>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

FAIL FAIL CHANNEL. *Caídas épicas de Gatos recopilacion*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=eh3RVWcITvU>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

FILIPEFLOP. *Micro Servo 9g SG90 TowerPro*. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/micro-servo-9g-sg90-towerpro/>> Acesso em: 31 de Dezembro de 2017.

GIPHY. *ANTS GIF*. Disponível em: <<https://giphy.com/gifs/ants-l0lsAnBjXpr5m>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

GIPHY. *BOWLING BALL PHYSICS GIF*. Disponível em:

<<https://giphy.com/gifs/tY5m0YMXLYZi>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

HU INFINITO. *Sensor Piezoelétrico.* Disponível em:
<<http://www.huinfinito.com.br/home/1174-sensor-piezoelétrico.html>> Acesso em: 31 de Dezembro de 2017.

INSTITUTO DIGITAL. *Transdutor Piezo Elétrico 27mm.* Disponível em:
<<http://www.institutodigital.com.br/pd-2bb838-transdutor-piezo-eletrico-27mm.html>> Acesso em: 31 de Dezembro de 2017.

JACKJUNIORTV. *Los 6 perros más veloces.* Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=y2lfwFP0ZtM>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

JOSÉ RAIMUNDO J-R. *MINHA TARTARUGUINHA ANDANDO.* Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=hH-Pgquqo5g>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

MARYREKP. *caranguejo.* Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=RyMICybsElc?v=8Ct3hMhDxCk&t=380s>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

MVRXIRU VAN. *fauna brasileira CARCARÁ ATENTO animais brazilian ave rapina falcão silvestre pampas selvagem.* Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=tTFerCjeYMI>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

PAIN, S. S. *CENTRO DE GRAVIDADE E CENTRO DE MASSA.* Disponível em:
<<http://portfoliobiomecsupaim.blogspot.com.br/2015/07/centro-de-gravidade-e-centro-de-massa.html>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

PERROS PERROS PERROS. *Blue Heeler (Pastor Ganadero Australiano).*

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3rMLYvYisAg>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

PHILLIPE PHILLIPE CHANNEL, BEPE. *CAVALO GALOPANDO*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=8Ct3hMhDxCk&t=380s>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

PLAYBUZZ. *LIÇÕES QUE APRENDEMOS COM GHOST – DO OUTRO LADO DA VIDA*. Disponível em: <<http://www.paramountchannel.com.br/2015/10/23/licoes-que-aprendemos-com-ghost-do-outro-lado-da-vida/>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

ROBOCORE®. *Característica do Sensor Ultrassônico*. Disponível em: <<https://www.robocore.net/tutorials/kit-iniciante-robotica-robo-anticolisao.html>> Acesso em: 31 de Dezembro de 2017.

ROBOCORE®. *Sensor Ultrassônico – HC-SR04*. Disponível em: <https://www.robocore.net/loja/produtos/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04.html#inf_tecnicas> Acesso em: 31 de Dezembro de 2017.

STUDIO TECNALA. *Chroma Key – 0015 Gorila Andando – TopMundoPerfeito*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=bDJKE8sjozk>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

TANYA. *Long Jump Analysis*. Disponível em: <<https://pdhpecovenant.files.wordpress.com/>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

THE CGBROS. *CGI VFX Breakdowns : "Making of Tiger for Lilyhammer" - by Panoptiqm*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=cj4IWTtbLyM>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para cientistas e engenheiros. Vol. 1: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica*. Grupo Gen-LTC, 2000.

TIZEFF. *SchemaPiezo.gif*. Disponível em:
<<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SchemaPiezo.gif>> Acesso em: 31 de Dezembro de 2017.

TOP MUNDO PERFEITO. *Incrível velocidade do Guepardo – TopMundoPerfeito*. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=_athsiRmfXY> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

UNESP – ENGENHARIA ELÉTRICA. *SERVO MOTOR*. Disponível em:
<<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/aula-4---servo-motor-13-03-2013-final.pdf>> Acesso em: 31 de Dezembro de 2017.

VELLEMAN®. *VR012 | 2 servo leg, VR013 | 3 servo leg*. Disponível em:
<<http://www.allbot.eu/build/possibilities/>> Acesso em: 03 de Fevereiro de 2018.

ANEXOS

ANEXO 1 - VÍDEO PARA O PRÉ-TESTE



ANEXO 2 - VÍDEO PARA O PÓS-TESTE



ANEXO 3 - PRÉ-TESTE

Nome: _____ Turma: _____



Figura 1 – Tigre de Bengala (animal quadrúpede de massa 200 Kg)

1) Observe o Tigre que está caminhando e identifique nele as seguintes grandezas:

- . O Centro de Gravidade (indique o ponto);
- . O Peso (desenhe o vetor);
- . As Forças Normais (desenhe os vetores);
- . As Forças de Atrito (desenhe os vetores).

2) Considere que o Peso do Tigre equivale aos 4 bloquinhos cheios, com base na Figura 1, a força que cada pata do Tigre irá aplicar no chão equivale a quantos blocos pintados? Pinte-os e justifique como você chegou nesta conclusão.

Peso de Tigre:



Força aplicada pela pata esquerda da frente:



Força aplicada pela pata direita da frente:



Força aplicada pela pata esquerda traseira:



Força aplicada pela pata direita traseira:



Justificativa: _____

3) Agora considere que o Tigre esteja com uma velocidade de 2 m/s, calcule a sua Energia Cinética.

4) Admita que o Centro de Gravidade do tigre esteja localizado a 1 m de altura em relação ao chão. Sabendo que o módulo da gravidade tem o valor aproximado de 10 m/s^2 , qual é o valor da Energia Potencial Gravitacional do Tigre?

5) Considere agora que cada bloquinho abaixo representa um reservatório de Energia, sendo assim, sabendo que a Energia Cinética e Energia Potencial Gravitacional do Tigre estão ilustradas abaixo, quantos bloquinhos correspondem ao valor da Energia Mecânica do Tigre? Pinte-os e justifique como você chegou nesta conclusão.

Energia Potencial Gravitacional



Energia Cinética:



Energia Mecânica:



Justificativa: _____

6) Por fim, imagine que o Tigre tenha observado uma presa e que para conseguir pegá-la tenha que se impulsionar, só que no momento do impulso não poderá escorregar, qual a principal grandeza física responsável para que ele consiga o impulso sem escorregar? Justifique seu raciocínio.

Justificativa: _____

ANEXO 4 - PÓS-TESTE

Nome: _____ Turma: _____



Figura 1 – Homer Simpson (bipede de massa corporal 100 Kg)

1) O personagem Homer de “Os Simpsons” está caminhando e ao mesmo tempo está comendo uma banana. Identifique nele as seguintes grandezas físicas:

- . O Centro de Gravidade (indique o ponto);
- . O Peso (desenhe o vetor);
- . As Forças Normais (desenhe os vetores);
- . As Forças de Atrito (desenhe os vetores).

2) Considere que o módulo do Peso do Homer possa ser representado pelos 4 bloquinhos cheios. De acordo com a Figura 1 acima, a força que cada pé de Homer irá aplicar no chão equivale a quantos blocos pintados? Pinte-os e justifique como você chegou nesta conclusão.

Peso de Homer:



Força aplicada pelo pé esquerdo:



Força aplicada pelo pé direito:



Justificativa: _____



3) Imagine que ele tenha acabado de comer a banana e tenha jogado a casca no chão. Sabendo que ele certamente irá escorregar, responda:

- . Qual a principal grandeza física responsável por fazer Homer escorregar?
- . Por que essa grandeza está ligada ao fato do Homer escorregar?
- . A banana fez diminuir ou aumentar o valor (módulo) dessa grandeza?

Respostas: _____

4) Agora, Homer está prestes a descer a escada de sua casa, porém, momentos antes da descida ele pisa no skate deixado por seu filho Bart. Considere que a altura da escada mais a do seu centro de gravidade seja de 10 m em relação à base da escada. Sabendo que o módulo da gravidade tem o valor aproximado de 10 m/s^2 , qual é o valor da Energia Potencial Gravitacional do Homer?

5) Considere que a Energia Potencial Gravitacional do Homer equivale aos 4 bloquinhos cheios quando está no topo da escada, responda:

- . Quantos bloquinhos correspondem ao valor da Energia Cinética que Homer adquire ao chegar à base da escada, no final da queda? Pinte-os e justifique como você chegou nesta conclusão.
- . Quantos bloquinhos correspondem ao valor da Energia Mecânica do Homer ao longo da queda? Pinte-os e justifique como você chegou nesta conclusão.

Energia Potencial Gravitacional:



Energia Cinética:



Energia Mecânica:



Justificativa: _____

ANEXO 5 - SLIDES DO PRODUTO

MNPEF Ministério Nacional Profissional do Ensino de Física


Universidade de Brasília

Análise do Equilíbrio no movimento dos animais

- Centro de Gravidade
- Equilíbrio Estável
- Equilíbrio Instável
- Equilíbrio Indiferente

Equilíbrio Estável

- Se um objeto, após ser afastado de sua posição de equilíbrio, retornar a ela, dizemos que há equilíbrio estável.



Centro de Gravidade

- O Centro de Gravidade de um corpo é um ponto onde todo o efeito da força peso pode ser simulado pela aplicação do peso do corpo como um todo neste ponto.



Que Agonia! Cai Logo!



http://gilsilva10.wixsite.com/inicio/gifs-de-fsica?lightbox=image_20pd

Equilíbrio Instável

- Se um objeto, após ser afastado de sua posição de equilíbrio, continuar afastando-se cada vez mais, dizemos que o equilíbrio é do tipo instável.



Esse aí é ninja!



<http://rockntech.com.br/27-imagens-e-gifs-que-provam-que-a-fisica-e-muito-mais-legal-do-que-voce-imagina/>

Equilíbrio Indiferente

- Quando um objeto tem a sua posição alterada e, mesmo assim, mantém a sua situação de equilíbrio, dizemos que existe o equilíbrio indiferente.



Você queria ter um desses?



<https://www.youtube.com/watch?v=TcGp8LNUllg>

Coelho x Cachorro, quem vai se dar bem???



<https://www.youtube.com/watch?v=hFla8snOaDY>

Análise das Forças no movimento dos animais

- Força Peso (\vec{P})
- Força Normal (\vec{N})
- Força de Atrito (\vec{F}_{at})

Força Peso

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

- m = massa (Kg)
- \vec{g} = aceleração da gravidade (m/s^2)

Na terra o valor da aceleração da gravidade mede em média $9,8 m/s^2$, na Lua a gravidade já é bem menor valendo em média $1,6 m/s^2$.



Apesar do Peso dos objetos terem diferentes valores, pois têm diferentes massas, sua queda é igual, por estarem sujeitos a mesma gravidade.



<https://giphy.com/gifs/tY5m0YMXLYZi>

Força Normal

- A Força Normal é definida como sendo a força de reação que uma superfície executa sobre um corpo em resposta a força que este corpo exerce sobre essa superfície, lembre-se da ação e reação que o Newton fala em sua 3ª Lei.

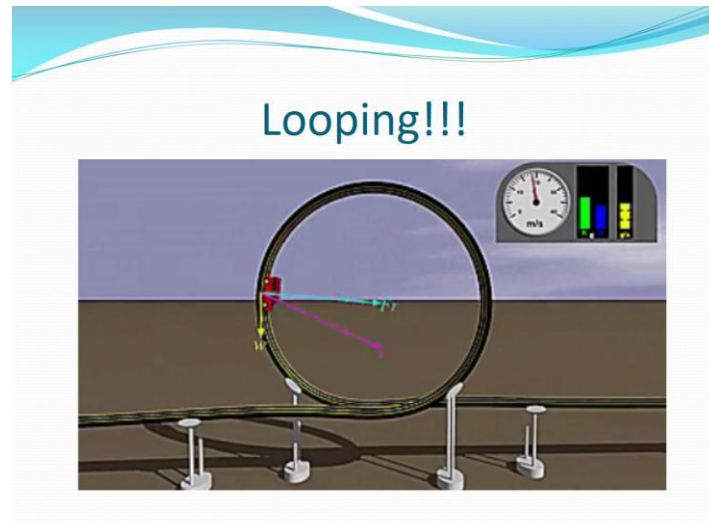


<http://www.paramountchannel.com.br/2015/10/23/licoes-que-aprendemos-com-ghost-do-outro-lado-da-vida/>

Você consegue perceber que no andar do gorila o seu Peso é distribuído tanto pelos braços quanto por suas pernas? A Força Normal está presente?



<https://www.youtube.com/watch?v=bDJKE8sjozk>



<https://www.youtube.com/watch?v=5yD2tOhl8SU&t=5s>

Força de Atrito

- A Força de Atrito aparece devido ao contato entre dois objetos. É gerada pela rugosidade (imperfeições) da superfície desses corpos. A Força de Atrito é sempre paralela às superfícies de interação.

$$F_{at} = \mu \cdot N$$

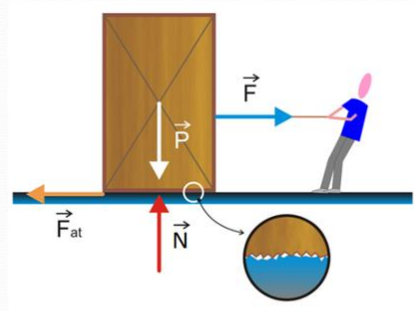
- μ = coeficiente de atrito - Estático ou Dinâmico
- N = Módulo da Força Normal (N)

Qual a relação da Força de Atrito com o fato desses gatos não terem conseguido realizar os saltos?



<https://www.youtube.com/watch?v=eh3RVWcITvU>

Análise das Forças



Animais que andam com 2 patas



<https://www.youtube.com/watch?v=tTFeRcjeYMI>

Animais que andam com 4 patas



<https://www.youtube.com/watch?v=cj4IWTtbLyM>

Para Nerds: Cavalo do filme
O Senhor dos Anéis



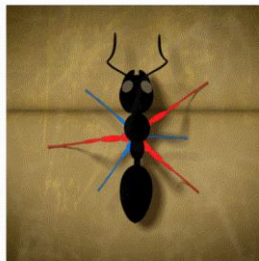
<https://www.youtube.com/watch?v=8Ct3hMhDxCk&t=380s>

Não parece um robô andando?



<https://www.youtube.com/watch?v=hH-Pgquqo5g>

Animais que andam com 6 patas



<http://img.ibxk.com.br/2014/04/28/28145021448202.gif>

Animais que andam com 8 patas



<https://www.youtube.com/watch?v=RyMICybsE1c?v=8Ct3hMhDxCk&t=380s>

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

 **Universidade de Brasília**

Análise das Energias no movimento dos animais

- Energia Cinética (E_c)
- Energias Potenciais (E_p)
- Energia Mecânica (E_m)



Energia Cinética

A energia cinética está relacionada com a velocidade de um objeto, ou seja, para que algum corpo possua energia cinética é necessário que ele esteja em movimento.

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

- m = massa (Kg)
- v = módulo da velocidade (m/s)

Massa do Cachorro: 10 Kg



<https://www.youtube.com/watch?v=y2IfwFP0ZtM>

Massa do Guepardo: 70 Kg



https://www.youtube.com/watch?v=_athsiRmfXY

Energia Potencial Gravitacional

É a energia que um corpo armazena quando colocado a alguma altura em relação ao solo. Quando o corpo é abandonado, essa energia passa a se transformar em energia cinética.

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

- m = massa (Kg)
- g = aceleração da gravidade (m/s^2)
- h = altura (m)

Massa do cachorro: 10 Kg



<https://www.youtube.com/watch?v=3rMLYvYisAg>

Energia Potencial Elástica

É a energia que um corpo armazena quando está ligado a uma mola sendo necessário que ela esteja comprimida ou estendida em relação a sua posição de equilíbrio.

$$E_{pe} = \frac{k \cdot \Delta x^2}{2}$$

- k = constante elástica da mola (N/m)
- Δx = variação da posição em relação ao ponto de equilíbrio (m)



Olha a Energia Elástica em ação...
Sabem de nada, inocentes!



<http://rockntech.com.br/27-imagens-e-gifs-que-provam-que-a-fisica-e-muito-mais-legal-do-que-voce-imagina/>

Energia Mecânica

A Energia Mecânica de um corpo é definida como sendo a soma da energia cinética (E_c) e potencial (E_p) de um corpo em um dado instante de tempo.

$$E_m = E_c + E_p$$

- Não esqueça que a unidade de energia no sistema internacional (SI), é o Joule (J)!



Tente verificar o que acontece com a Energia Mecânica nessa situação:



<https://www.youtube.com/watch?v=5yD2tOhI8SU&t=5s>

Vamos voltar a analisar o caso da
Tartaruga!



<https://www.youtube.com/watch?v=hH-Pgquqo5g>

ANEXO 6 - CÓDIGO 1 (*PROCESSING*)

```

import processing.serial.*;
Serial port; // Inicia instância de porta serial
int valorRecebido; // Armazena o valor recebido via serial

void setup(){
  // Define tamanho da janela
  size(280,220);
  // Inicia porta serial na COM3 a 9600 bauds
  port = new Serial(this, "COM3", 9600);
}

void draw(){
  // Enquanto receber algo pela serial
  while (port.available() > 0){
    // Converte o char para int (-48)
    valorRecebido = port.read() - 48;
    redrawBarra();
    // Exibe no console o valor que recebeu pela serial
    print(valorRecebido);
    print(" ");
  }
}

/* Redesenha o gráfico da barra */
void redrawBarra(){
  background(255); // Define o fundo branco
  // Preenche com preto
  fill(#000000);
  // Cria um retângulo de 60 x 100. coordenada x = 70 e y = 50
  rect(70, 70, 60, 90);

  rect(150, 70, 60, 90);
  // Prepara o valor para inserir no gráfico
  int valorConvertido = valorRecebido * 10;
  fill(#00ff00);
  rect(71, 70 + (valorConvertido), 60 - 2, (90 - valorConvertido));
  String s = " Energia Potencial";
  fill(170);
  text(s, 73, 70, 60, 100); // Text wraps within text box
  fill(#00ff00);
  rect(151, (160 - valorConvertido), 60 - 2, valorConvertido);
  String t = " Energia Cinética";
  fill(170);
  text(t, 153, 70, 60, 100); // Text wraps within text box
}

```

ANEXO 7 - CÓDIGO 2 (PROCESSING)

```

// Importa bibliotecas para Serial
import processing.serial.*;
Serial port; // Inicia instância de porta serial
int valorRecebido1; // Armazena o valor recebido via serial
int valorRecebido2; // Armazena o valor recebido via serial
void setup(){
  // Define tamanho da janela
  size(280,320);
  // Inicia porta serial na COM3 a 9600 bauds
  port = new Serial(this, "COM3", 9600);
}

void draw(){
  // Enquanto receber algo pela serial
  while (port.available() > 0){
    // Converte o char para int (-48)
    valorRecebido1 = port.read() - 48;
    while (valorRecebido1 <= -1){
      valorRecebido1 = port.read() - 48;
    }
    valorRecebido2 = port.read() - 48;
    while (valorRecebido2 <= -1){
      valorRecebido2 = port.read() - 48;
    }
    redrawBarra();
    // Exibe no console o valor que recebeu pela serial
    print(valorRecebido1);
    print(" ");
    print(valorRecebido2);
  }
}

void redrawBarra(){
  background(255); // Define o fundo branco
  // Preenche com preto
  fill(#000000);
  // Cria um retângulo de 60 x 100.
  rect(70, 70, 60, 80);
  // Preenche com vermelho
  rect(150, 70, 60, 80);
  // Preenche com vermelho
  rect(70, 190, 60, 80);
  // Preenche com vermelho
  rect(150, 190, 60, 80);
  // Preenche com vermelho
  fill(#ff0000);
  // Recebe pela serial valores de 0 à 9, para gerar
  valorRecebido1 += 1;
  // Prepara o valor para inserir no gráfico
  int valorConvertido1 = valorRecebido1 * 10 - 10;
  valorRecebido2 += 1;
  // Prepara o valor para inserir no gráfico
  int valorConvertido2 = valorRecebido2 * 10 - 10;
}

```

```
fill(#ff0000);
rect(71, 50 + (100 - valorConvertido1), 60 - 2, valorConvertido1);
String s = "    Pata Esquerda da Frente";
fill(170);
text(s, 73, 75, 60, 100); // Text wraps within text box
fill(#ff0000);
rect(151, 50 + (100 - valorConvertido2), 60 - 2, valorConvertido2);
String t = "    Pata Direta da Frente";
fill(170);
text(t, 153, 75, 60, 100); // Text wraps within text box
fill(#ff0000);
rect(71, 170 + (100 - valorConvertido2), 60 - 2, valorConvertido2);
String v = "    Pata Esquerda Traseira";
fill(170);
text(v, 73, 195, 60, 100); // Text wraps within text box
fill(#ff0000);
rect(151, 170 + (100 - valorConvertido1), 60 - 2, valorConvertido1);
String h = "    Pata Direita Traseira";
fill(170);
text(h, 153, 195, 60, 100); // Text wraps within text box
}
```

ANEXO 8 - CÓDIGO 3 (ARDUINO)

```

#include <IRremote.h>
#include <IRremoteInt.h>
#include <Servo.h>;
#include <ALLBOT.h>;
int RECV_PIN = 0;
IRrecv irrecv(RECV_PIN);
decode_results results;
ALLBOT BOT(8); //number of motors
enum MotorName {
hipFrontLeft,
hipFrontRight,
hipRearLeft,
hipRearRight,
kneeFrontLeft,
kneeFrontRight,
kneeRearLeft,
kneeRearRight };
int i = 0;
int j = 0;
int energiacin = 0;
int energiapot = 0;
int energia = 0;
int Senpin3 = A0;
bool up = false;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  irrecv.enableIRIn();
  //NAME.attach(motorname, pin, init-angle, flipped, offset-angle);
  BOT.attach(hipFrontLeft, 38, 110, 1, 0);
  BOT.attach(hipFrontRight, 46, 135, 1, 0);
  BOT.attach(hipRearLeft, 23, 100, 1, 0);
  BOT.attach(hipRearRight, 33, 45, 1, 0);
  BOT.attach(kneeFrontLeft, 37, 165, 1, 0);
  BOT.attach(kneeFrontRight, 47, 35, 1, 0);
  BOT.attach(kneeRearLeft, 22, 110, 1, 0);
  BOT.attach(kneeRearRight, 32, 30, 1, 0);
  delay(1000);
  Serial.print (0);
}

void loop(){
  leanright(200);
  if (irrecv.decode(&results)) {
    irrecv.resume();
  }
}

void leanright(int speedms){

```

```

if (results.value == 0xFF38C7){
  if(up == false){
    BOT.move(kneeFrontLeft, 75);
    BOT.move(kneeRearLeft, 20);
    BOT.move(kneeFrontRight, 110);
    BOT.move(kneeRearRight, 120);
    BOT.animate(speedms);
    delay(300);
    energia = analogRead(Senpin3);
    energiacin = map(energia, 0, energia, 0, 9);
    i = 0;
    for (i = 0; i <= 9; i++){
      Serial.print((energiacin)*i/9);
      delay(100);
    }
    up = true;
  }
  else{
    BOT.move(kneeFrontLeft, 165);
    BOT.move(kneeRearLeft, 110);
    BOT.move(kneeFrontRight, 35);
    BOT.move(kneeRearRight, 30);
    BOT.animate(speedms);
    i = 0;
    for (i = 0; i <= 9; i++){
      Serial.print(9 - (energiacin)*i/9);
      delay(100);
    }
    up = false;
  }
  results.value = 0x000000;
}
}

```

ANEXO 9 - CÓDIGO 4 (ARDUINO)

```

#include <IRremote.h>
#include <IRremoteInt.h>
#include <Servo.h>;
#include <ALLBOT.h>;
int RECV_PIN = 0;
IRrecv irrecv(RECV_PIN);
decode_results results;
ALLBOT BOT(8); //number of motors
enum MotorName {
hipFrontLeft,
hipFrontRight,
hipRearLeft,
hipRearRight,
kneeFrontLeft,
kneeFrontRight,
kneeRearLeft,
kneeRearRight };
const int trig = 13;
const int echo = 12;
int i = 0;
int j = 0;
bool up1 = false;
bool up2 = false;
bool up3 = false;
bool up4 = false;
bool up5 = false;
bool up6 = false;
bool up7 = false;
bool up8 = false;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trig, OUTPUT);
  pinMode(echo, INPUT);
  irrecv.enableIRIn();
  //NAME.attach(motorname, pin, init-angle, flipped, offset-angle);
  BOT.attach(hipFrontLeft, 38, 110, 1, 0);
  BOT.attach(hipFrontRight, 46, 135, 1, 0);
  BOT.attach(hipRearLeft, 23, 100, 1, 0);
  BOT.attach(hipRearRight, 33, 45, 1, 0);
  BOT.attach(kneeFrontLeft, 37, 165, 1, 0);
  BOT.attach(kneeFrontRight, 47, 30, 1, 0);
  BOT.attach(kneeRearLeft, 22, 115, 1, 0);
  BOT.attach(kneeRearRight, 32, 30, 1, 0);
  delay(1000);
  Serial.print(4);
  Serial.print(4);
}

```

```

void loop(){
  leanright(200);          // calling the leanright routine
  delay(500);
  if (irrecv.decode(&results)) {
    irrecv.resume();
  }
}

void leanright(int speedms){
  if (results.value == 0xFF9867){
    if (j <= 3){
      BOT.move(hipRearRight, 10);
      BOT.move(kneeFrontLeft, 30);
      BOT.animate(speedms);
      delay(speedms);
      BOT.move(hipRearRight, 50);
      BOT.move(kneeFrontLeft, 30);
      BOT.animate(speedms);
      delay(speedms);
      j ++;
    }
  }
  else{
    BOT.move(hipRearRight, 45);
    BOT.move(kneeFrontLeft, 160);
    BOT.animate(speedms);
    results.value = 0x000000;
    j = 0;
  }
}

if (results.value == 0xFF6897){
  if(up1 == false){
    BOT.move(kneeFrontLeft, 75);
    BOT.animate(speedms);
    up1 = true;
  }
  else{
    BOT.move(kneeFrontLeft, 165);
    BOT.animate(speedms);
    up1 = false;
  }
  results.value = 0x000000;
}

if (results.value == 0xFF30CF){
  if(up2 == false){
    BOT.move(hipFrontLeft, 75);
    BOT.animate(speedms);
    up2 = true;
  }
}

```

```
    else{
        BOT.move(hipFrontLeft, 110);
        BOT.animate(speedms);
        up2 = false;
    }
    results.value = 0x000000;
}

if (results.value == 0xFF10EF){
    if(up3 == false){
        BOT.move(hipRearLeft, 145);
        BOT.animate(speedms);
        up3 = true;
    }

    else{
        BOT.move(hipRearLeft, 100);
        BOT.animate(speedms);
        up3 = false;
    }
    results.value = 0x000000;
}

if (results.value == 0xFF42BD){
    if(up4 == false){
        BOT.move(kneeRearLeft, 15);

        BOT.animate(speedms);
        up4 = true;
    }

    else{
        BOT.move(kneeRearLeft, 115);
        BOT.animate(speedms);
        up4 = false;
    }
    results.value = 0x000000;
}

if (results.value == 0xFFB04F){
    if(up5 == false){
        BOT.move(kneeFrontRight, 110);
        BOT.animate(speedms);
        up5 = true;
    }

    else{
        BOT.move(kneeFrontRight, 30);
        BOT.animate(speedms);
        up5 = false;
    }
}
```

```
    results.value = 0x000000;
}

if (results.value == 0xFF7A85){
    if(up6 == false){
        BOT.move(hipFrontRight, 180);
        BOT.animate(speedms);
        up6 = true;
    }

    else{
        BOT.move(hipFrontRight, 135);
        BOT.animate(speedms);
        up6 = false;
    }
    results.value = 0x000000;
}

if (results.value == 0xFF5AA5){
    if(up7 == false){
        BOT.move(hipRearRight, 0);
        BOT.animate(speedms);
        up7 = true;
    }

    else{
        BOT.move(hipRearRight, 45);
        BOT.animate(speedms);
        up7 = false;
    }
    results.value = 0x000000;
}

if (results.value == 0xFF52AD){
    if(up8 == false){
        BOT.move(kneeRearRight, 120);
        BOT.animate(speedms);
        up8 = true;
    }

    else{
        BOT.move(kneeRearRight, 30);
        BOT.animate(speedms);
        up8 = false;
    }
    results.value = 0x000000;
}

long duracao;
digitalWrite(trig, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trig, HIGH);
```

```

delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trig, LOW);
duracao = pulseIn(echo, HIGH);

if (duracao <= 500){
Serial.print(4);
Serial.print(4);
}

else{
Serial.print(0);
Serial.print(0);
}

if (results.value == 0xFFA857){
long duracao;
digitalWrite(trig, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trig, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trig, LOW);
duracao = pulseIn(echo, HIGH);

while (duracao <= 500){
Serial.print(4);
Serial.print(4);
}

else{
Serial.print(0);
Serial.print(0);
}

if (results.value == 0xFFA857){
long duracao;
digitalWrite(trig, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trig, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trig, LOW);
duracao = pulseIn(echo, HIGH);

while (duracao <= 500){
Serial.print(4);
Serial.print(4);

BOT.move(kneeRearLeft, 100);
BOT.move(kneeFrontRight, 45);
BOT.animate(speedms);

BOT.move(hipRearLeft, 145);
BOT.move(hipFrontRight, 95);
BOT.animate(speedms);

```

```

    i=1;
    for (i = 1; i <= 4 ; i ++){
        Serial.print(4 + i);
        Serial.print(4 - i);
        delay(50);
    }

    long duracao;
    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trig, LOW);
    duracao = pulseIn(echo, HIGH);

    if(duracao >= 501){
        break;
    }

    BOT.move(kneeFrontLeft, 190);
    BOT.move(kneeRearRight, 50);
    BOT.animate(speedms);

    BOT.move(kneeRearLeft, 120);
    BOT.move(kneeFrontRight, 25);
    BOT.animate(speedms);
    BOT.move(hipRearLeft, 100);
    BOT.move(hipFrontRight, 135);
    BOT.animate(speedms);

    BOT.move(kneeRearLeft, 115);
    BOT.move(kneeFrontRight, 30);
    BOT.animate(speedms);

    BOT.move(kneeFrontLeft, 165);
    BOT.move(kneeRearRight, 30);
    BOT.animate(speedms);

    i = 1;

    for (i = 1; i <= 4; i ++){
        Serial.print(8 - i);
        Serial.print(i);
        delay(50);
    }

    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trig, LOW);
    duracao = pulseIn(echo, HIGH);

```

```

    if(duracao >= 501){
        break;
    }

BOT.move(kneeRearRight, 45);
BOT.move(kneeFrontLeft, 150);
BOT.animate(speedms);

BOT.move(hipRearRight, 0);
BOT.move(hipFrontLeft, 155);
BOT.animate(speedms);

    i=1;
    for (i = 0; i <= 4 ; i ++){
        Serial.print(4 - i);
        Serial.print(4 + i);
        delay(50);
    }

digitalWrite(trig, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trig, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trig, LOW);
duracao = pulseIn(echo, HIGH);
    if(duracao >= 501){
        break;
    }

BOT.move(kneeFrontRight, 50);
BOT.move(kneeRearLeft, 140);
BOT.animate(speedms);

BOT.move(kneeRearRight, 40);
BOT.move(kneeFrontLeft, 170);
BOT.animate(speedms);

BOT.move(hipRearRight, 45);
BOT.move(hipFrontLeft, 110);
BOT.animate(speedms);

BOT.move(kneeRearRight, 30);
BOT.move(kneeFrontLeft, 165);
BOT.animate(speedms);

BOT.move(kneeFrontRight, 30);
BOT.move(kneeRearLeft, 115);
BOT.animate(speedms);

```

```

    i=1;
    for (i = 1; i <= 4 ; i ++){
        Serial.print(i);
        Serial.print(8 - i);
        delay(50);

    long duracao;
    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trig, LOW);
    duracao = pulseIn(echo, HIGH);

        if(duracao >= 501){
            break;
        }
    }
}

Serial.print(0);
Serial.print(0);

BOT.move(hipFrontLeft, 110);
BOT.move(hipFrontRight, 135);
BOT.move(hipRearLeft, 100);
BOT.move(hipRearRight, 45);
BOT.move(kneeFrontLeft, 165);
BOT.move(kneeFrontRight, 30);
BOT.move(kneeRearLeft, 115);
BOT.move(kneeRearRight, 30);
digitalWrite(trig, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trig, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trig, LOW);
duracao = pulseIn(echo, HIGH);
results.value = 0x000000;
}
}

```