

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**
Campus Araranguá



Produto Educacional

**FORÇAS E MOVIMENTO:
PROPOSTA DE ATIVIDADES COM
SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS**

Professor: Alexandre Martins Cristóvão

Orientadora: Priscila Cardoso Calegari

Araranguá, SC

Fevereiro de 2017

Apresentação

O produto educacional aqui presente é composto por dois roteiros de atividades, que são parte do trabalho desenvolvido durante o meu mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Estes roteiros tem como objetivo auxiliar o professor a trabalhar com simuladores computacionais, com o intuito de facilitar a compreensão de conceitos físicos pelos estudantes. Os conceitos abordados nestes roteiros foram forças e movimento.

Para trabalhar com os simuladores o professor deve ter noções básicas de computação. Usamos os simuladores desenvolvidos pelo grupo de PhET (*Physics Education Technology*), disponível em [<https://phet.colorado.edu>]. A escolha dos simuladores computacionais é baseada na interface atraente e facilidade de acessar. No entanto, o professor está livre para trabalhar com outro simulador que escolher. Os roteiros foram aplicados em oito turmas do primeiro ano do Ensino Médio com um total de 182 estudantes. Os resultados obtidos com a avaliação do trabalho e metodologia junto aos estudantes sugere que houve uma grande melhora no entendimento dos conceitos físicos abordados. Os roteiros são composto por uma sequência didática de atividades que são baseadas nos três momentos pedagógicos de [Delizoicov, 1991]. Os três momentos são: Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento.

A Problematização Inicial, é a etapa que o professor deve despertar a curiosidade dos estudantes com questões ligadas ao seu cotidiano. No primeiro roteiro apresentamos aos estudantes uma reportagem sobre a importância sobre o uso do cinto de segurança e encosto de cabeça, para discutir questões da Primeira Lei de Newton. No segundo roteiro, discutimos a respeito dos Super homens, para motivar o estudo da Segunda Lei. Além disso, incluímos uma discussão sobre a tendência de escorregar em rampas.

A Organização do Conhecimento é a fase que formulamos o problema físico matematicamente, e explicamos os conceitos científicos. Nesta fase apresentamos os conceitos e as leis de Newton, resolvemos exercícios em sala e na sequência realizamos algumas simulações. O uso das simulações nesta etapa foi muito importante, pois elas nos oportunizaram tirar dúvidas e fazer questionamentos. A visualização das situações segundo o questionário feito aos estudantes sugere que eles entenderam com mais facilidade as questões propostas.

Na etapa da Aplicação do Conhecimento, observamos se o estudante se apropriou do conhecimento resolvendo alguns problemas. Nesta fase foram resolvidos exercícios na sala de aula e com o auxílio dos simuladores.

No primeiro roteiro são abordadas questões relacionadas a Primeira lei de Newton. O roteiro propõe atividades e questões para seres respondidas na sala de informática, com o auxílio do simulador, em situações com e sem atrito. O segundo roteiro trata da Segunda Lei de Newton e aborda situações que incluem o plano inclinado, com situações com e sem atrito. Pode-se trabalhar *on-line*, no entanto, sugerimos que se faça o *download* do simulador para o caso de falhas na conexão não atrapalhem o desenvolvimento das

atividades. Além disso, alguns simuladores do PhET também estão disponíveis para *smartphones*.

Índice

Roteiro de atividades: Primeira Lei de Newton.....	5
Atividade 1.....	5
Atividade 2.....	7
Atividade 3.....	9
Atividade 4.....	15
Atividade 5.....	19
Roteiro de atividades: Segunda Lei de Newton.....	24
Atividade 1.....	24
Atividade 2.....	26
Atividade 3.....	28
Atividade 4.....	33
Atividade 5.....	39
Referências.....	45

Roteiro de Atividades: Primeira Lei de Newton

Atividade 1

Breve descrição:

Nesta aula trabalharemos a **Problematização Inicial**, como o auxílio do texto retirado de um jornal sobre acidentes que poderiam ser evitados pelo uso do cinto de segurança.

Objetivo:

Criar uma discussão sobre o uso do cinto de segurança e o encosto de cabeça nos carros e levantar situações próximas ao aluno.

Recursos:

Uma aula de aproximadamente 45 minutos, Cópia do texto, ou cópia salva em mídia eletrônica.

Dinâmica da aula:

Leitura do texto e posteriores discussões.

Questões que podem ser trabalhadas com a sala:

- Já presenciou um acidente?
- Conhece alguém que se machucou por não estar utilizando o cinto ou o carro não tinha encosto para cabeça?
- Por qual motivo o uso do cinto e encosto auxiliam no momento de um acidente?
- Por que não usar o cinto?

Os textos de Problematização Inicial, destacam a obrigatoriedade do cinto de segurança e do uso do encosto de cabeça no banco do carro.

Primeiro texto da Problematização:

As mortes do cantor sertanejo Cristiano Araújo, 29, e sua namorada, Allana Moraes, 19, em acidente na BR-153, em Goiás, na madrugada de quarta-feira (24), poderiam ser evitadas se ambos estivessem utilizando o cinto de segurança.

Se um carro a 80 quilômetros por hora, conduzindo um passageiro de 70 quilos no banco traseiro sem o cinto de segurança, sofrer uma colisão, o impacto do corpo deste sobre o condutor ou carona será de 5,2 toneladas, com consequências graves para quem está sentado à frente do veículo.

Pesquisa nacional promovida pelo Ministério da Saúde, em parceria com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), revelou que apenas 50,2% da população brasileira têm o hábito de usar o cinto de segurança no banco traseiro de carros ou vans, apesar de comprovadamente o fato de por o utensílio reduzir o risco de morte no trânsito.

Ao que tudo indica, os baianos estão se conscientizando disto, mas a maioria ainda desafia o que recomenda o artigo 65 do Código de Trânsito e corre o risco de entrar para as estatísticas dos acidentes fatais.

Segundo o estudo, os entrevistados mostram mais consciência quando estão no banco da frente, em que 79,4% das pessoas com 18 anos ou mais dizem sempre usar o item de segurança. Contudo, o cinto na parte traseira do veículo reduz mais o risco de morte, pois, em uma colisão, impede que o corpo dos passageiros seja projetado para frente, atingindo o motorista e o carona.

Estudo da Associação Brasileira de Medicina de Tráfego (Abramet) mostra que o cinto de segurança no banco da frente reduz o risco de morte em 45% e, no banco traseiro, em até 75%. Em 2013, um levantamento da Rede Sarah apontou que 80% dos passageiros do banco da frente deixariam de morrer se os cintos do banco de trás fossem usados com regularidade.

“Em Salvador nós não temos pesquisa, mas não usar o cinto de segurança no banco traseiro é um perigo terrível, mas infelizmente faz parte de uma cultura nacional”, diz Miriam Bastos, gerente de educação para o trânsito da Transalvador. Já o condutor que não usa o utensílio, comete infração que gera multa de R\$ 127,69 e cinco pontos negativos na Carteira de Habilitação.

Conforme Miriam Bastos, os motoristas da capital baiana aos poucos vão entendendo o quanto é importante usar o cinto com o veículo em movimento. “Isto acontece por conta do processo educativo e da fiscalização. Agora mesmo, no São João, fizemos campanha alertando para a importância do uso do cinto e do perigo do uso do celular ao volante. Cabe ao condutor do veículo exigir de todos os passageiros por o cinto, que só pode ser retirado depois do carro estacionado. Percebemos que os motoristas que transitam na área central da cidade são os mais atentos a estes detalhes”. [Tribuna da Bahia, 2016]

Conforme o texto acima, acidentes sem o uso do cinto de segurança o índice de ferimentos mais graves, inclusive com mortes é maior do que quando é constatado o uso dele? Isso se deve a que? (Justifique a sua resposta).

Segundo texto da Problematização:

“Tentando acompanhar a tendência mundial de cobrar cada vez mais das montadoras que disponibilizem veículos mais seguros, o Contrans determinou na semana passada novos equipamentos de segurança que serão obrigatórios a partir de 2018 em todos os veículos que rodam no Brasil, dentre eles o apoio de cabeça para todos os ocupantes do veículo.” [Portal do Transito, 2016]

Por qual motivo o encosto para cabeça é obrigatório? Ele não é só um acessório para o conforto do usuário? (Justifique a sua resposta).

Atividade 2

Breve descrição:

Nesta aula trabalharemos a **Organização do Conhecimento**, os conceitos relacionados a Primeira Lei de Newton, utilizando o livro didático e explicações no quadro.

Objetivos:

- Definir a primeira Lei de Newton.
- Entender os conceitos de inércia de repouso e movimento.
- Perceber que o movimento é retilíneo e uniforme quando não existem forças atuando.

Recursos:

Duas aulas de aproximadamente 45 minutos, Livro didático, quadro e giz, lista de exercícios. As aulas foram baseadas nos livros didáticos de [Máximo, 2010] e [Young, 2003].

Dinâmica da aula:

Explicações e Perguntas com resolução comentada.

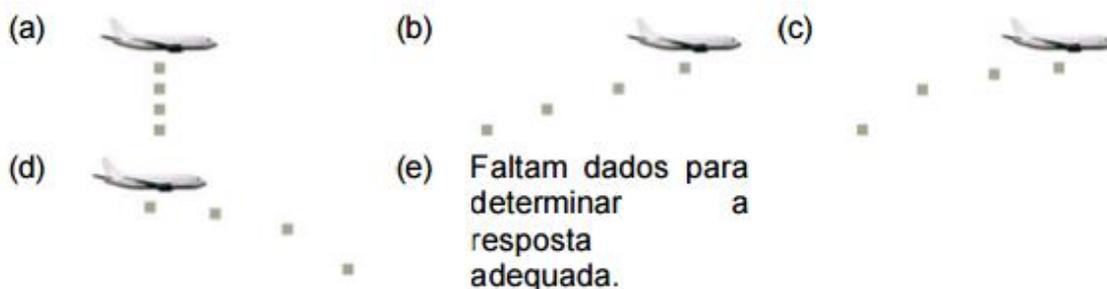
Questões que podem ser trabalhadas com a sala:

- Por que é tão difícil colocar em movimento um objeto que está parado?
- Por qual motivo quando arremessamos um objeto ele sai em linha reta?
- Quanto mais massa tem um objeto em movimento, mais difícil é de pará-lo?

Lista 1

1) Em alguns esportes como o arremesso de peso ou martelo o atleta gira o corpo rapidamente a fim de dar velocidade ao objeto a ser arremessado e em seguida o solta, caso não houvesse influência da gravidade qual seria a trajetória do objeto?

2) Um avião voa horizontalmente no sentido sul-norte com velocidade constante em relação a um observador em repouso no solo. Quatro pequenas caixas de suprimentos são sucessivamente largadas de um compartimento da base do avião. Suponha que os efeitos da resistência do ar sejam desprezíveis. O observador no solo tira uma fotografia, logo após o início da queda da última caixa e antes da primeira atingir o solo. Qual das ilustrações abaixo melhor representa a imagem obtida na foto:



(Questão número 2 extraída das Olimpíadas Paulista de Física de 2009)

[opf.pro, 2016]

3) Ao aplicarmos a mesma força por um tempo em uma mesa e em uma cadeira percebemos que a cadeira tem uma variação bem maior em sua velocidade, por qual motivo isso acontece? (Leve em conta que a mesa tem bem mais massa que a cadeira)

4) Qual é o somatório das forças que atua em um avião voando com velocidade constante em linha reta? (Faça um esboço das forças que atuam no avião.)

Atividade 3

Breve descrição:

Primeira aula na sala de informática, reforçar a **Organização do Conhecimento**, com o uso do simulador do PhET, Forças e Movimento: noções Básicas na opção Movimento, para a resolução de lista de exercícios.

Objetivo:

Reforçar o entendimento da Primeira Lei de Newton sem atrito.

Recursos:

Uma aula de aproximadamente 45 minutos, lista de exercícios e computadores com o programa instalado.

Dinâmica da aula:

Orientação do aluno para resolver as questões, com o uso do simulador.

Questões que podem ser trabalhadas:

Questões propostas na lista 2.

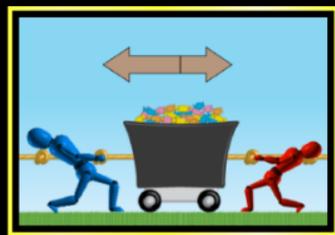
Lista 2

- 1) O que acontece quando aplicamos qualquer força por um instante (empurrão), em um objeto em uma situação sem atrito?
- 2) Se aplicarmos a mesma força(50N), pelo mesmo tempo(4s) em objetos com massas 50kg e 100kg respectivamente o que podemos observar quanto as suas velocidades?
- 3) Teste com objetos de diferentes massas e faça uma análise sobre suas velocidades em relação a suas massas!
- 4) Qual a massa aproximada do presente?

Tutorial para a resolução das questões propostas

A interface inicial abre como apresenta a Figura 1.1, abaixo e tem opções para serem trabalhadas: Cabo de Guerra, Movimento, Atrito e Aceleração.

Forças e Movimento: Noções Básicas



Cabo de Guerra



Movimento



Atrito



Aceleração

Figura 1.1: Interface inicial (<https://phet.colorado.edu>).

Selecione **Movimento**, e abrirá a opção da janela Figura 1.2, situação sem atrito. Neste momento o professor pode reforçar que a hipótese simplificadora é uma idealização, pois embora o carrinho tenha rolamentos muito bons dissipa energia na forma de calor, o atrito com o ar, etc.

Neste momento bem como nas outras janelas trabalhadas é interessante deixar que eles interajam com o simulador livremente por alguns minutos. O simulador é bem intuitivo, logo os alunos percebem como são os comandos e em seguida é hora de lhes orientar quanto ao que devem fazer.



Figura 1.2: Opção Movimento sem atrito, para verificar a inércia de movimento (<https://phet.colorado.edu>).

Selecione no canto superior esquerdo: valores, massas e velocidade. Com o *mouse* mova o botão azul que controla a força, para a direita desta forma aplique uma pequena força 4N, por 4 segundos e pare, conforme Figura 1.3. Desenvolver a atividade em dupla é produtivo pois um dos alunos controla o simulador e outro marca o tempo com um cronometro. Não é necessário uma grande precisão nas medidas pois isto não vai alterar muito os resultados das atividades.

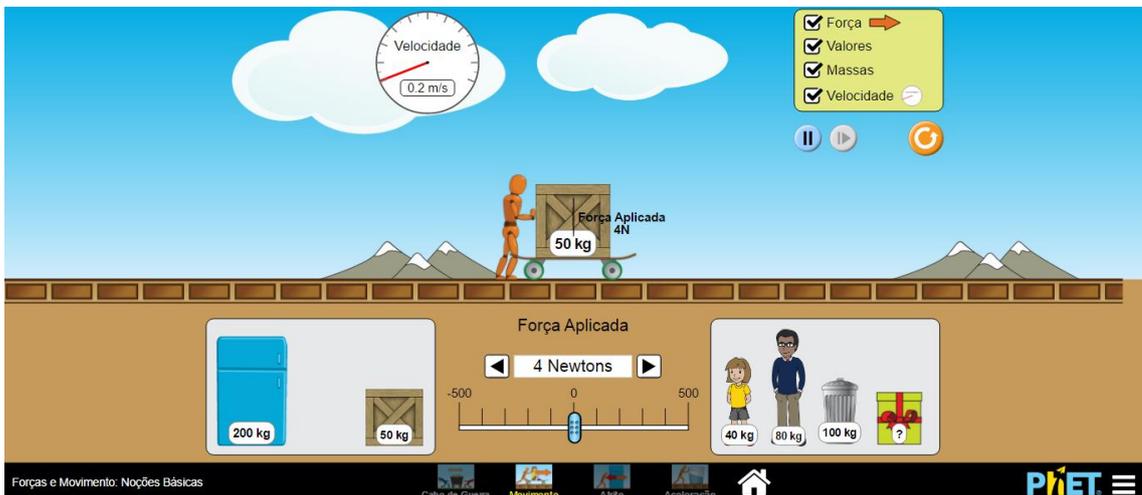


Figura 1.3: Força de 4N aplicada provocando movimento acelerado (<https://phet.colorado.edu>).

A caixa adquire uma pequena velocidade que é constante de 0,2 m/s. A Figura 1.4 mostra o carrinho com velocidade constante sem a aplicação de força.

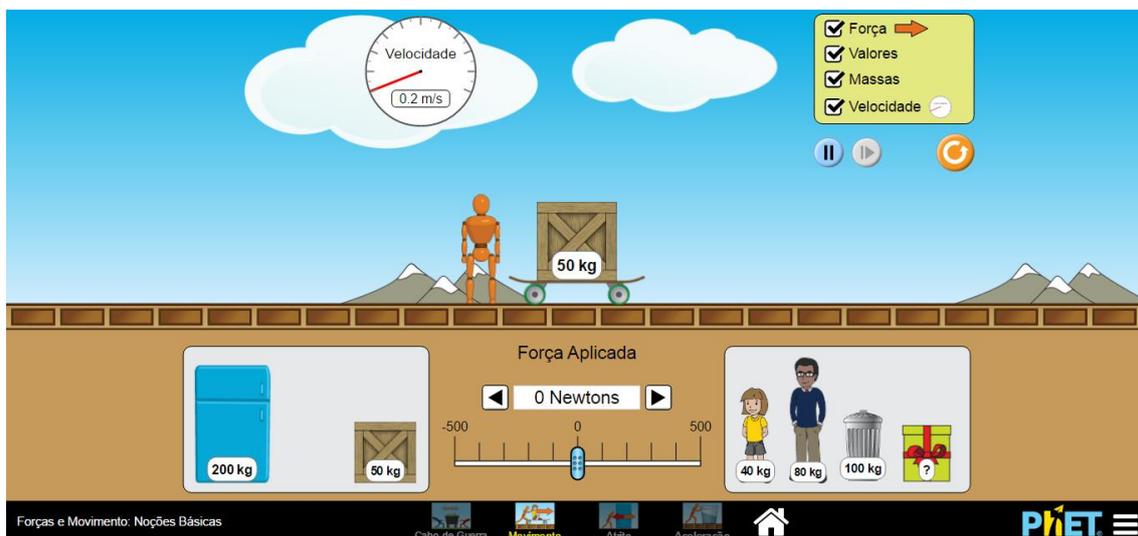


Figura 1.4: Sem força aplicada, inércia com Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) (<https://phet.colorado.edu>).

É importante ressaltar que nesta situação, sem atrito, qualquer força produz uma variação na velocidade (aceleração). O aluno pode neste momento criar uma concepção

equivocada de que haja duas situações diferentes. Ora sala de aula, situação ideal (sem atrito), ora “realidade” com atrito. O que tem que ficar claro é que quando a situação é sem atrito nada se opõe ao movimento. O que tem que se constatar neste teste é que embora a massa de um objeto seja bem expressiva, e por menor que seja a força aplicada vai haver aceleração. Em seguida deixe o “caixote” de massa 50 Kg e aplique uma força de 50 Newtons por 4 segundos, para aplicar ou subtrair forças múltiplas de 50N é só clicar nas setas pretas que estão dos lados do visor que indica a unidade em Newtons. Ele vai adquirir uma velocidade constante de 4m/s^2 , conforme Figura 1.5.

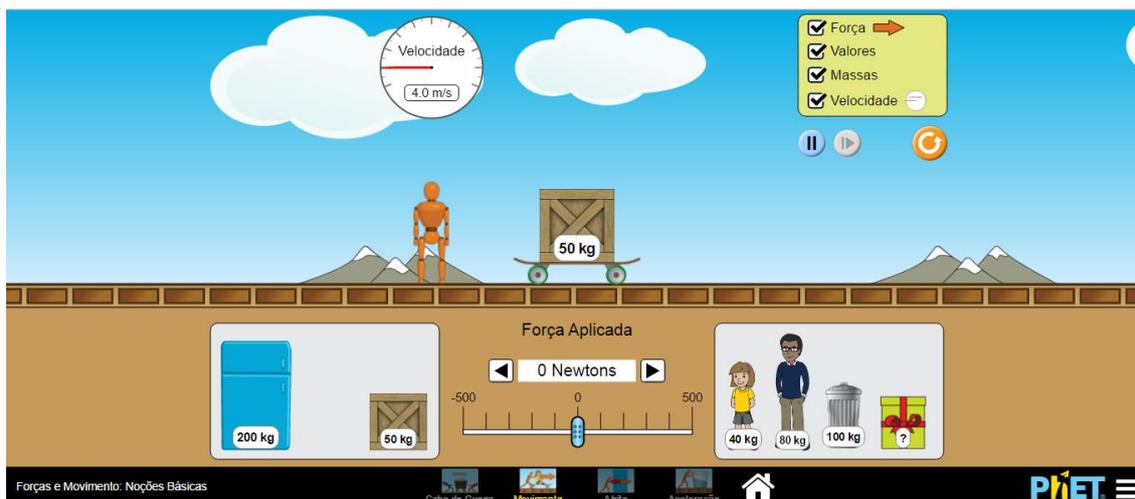


Figura 1.5: Sem atrito o carrinho segue em MRU (<https://phet.colorado.edu>).

Enfatize que a medida que o caixote se afasta sua velocidade não muda e continua sendo de 4m/s^2 , após cessar a força aplicada. Instigue o aluno a fazer uma reflexão, o caixote não deveria parar a partir do momento que o boneco parou de empurrar? A visualização pode ser muito útil, para ser lembrado como referência em situações problemas posteriores.

Agora vamos mudar a massa acrescentado outra caixa de 50kg, mantendo a força e o mesmo intervalo de tempo. A velocidade adquirida é menor quanto maior a massa que ele empurra como na Figura 1.6, ou em outras palavras sua inércia é maior.

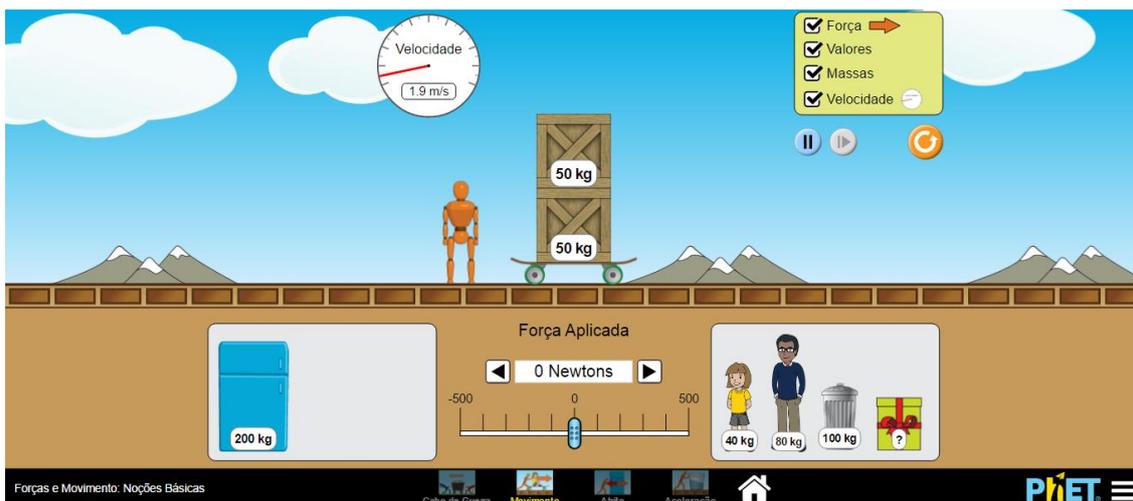


Figura 1.6: A massa diretamente proporcional a inércia (<https://phet.colorado.edu>).

O velocímetro agora indica a velocidade aproximada de 2m/s^2 , e ainda que a massa seja o dobro da anterior a velocidade adquirida embora menor, se mantém constante após o empurrão. Podemos repetir com a geladeira como na Figura 1.7, e reforçar ainda mais a ideia de que a inércia de um corpo é proporcional à sua massa.



Figura 1.7: Quanto maior a massa maior a inércia (<https://phet.colorado.edu>).

Caso haja necessidade de mais alguns exemplos podemos usar os outros objetos com o mesmo tempo e a força aplicada para compara as velocidades adquiridas. É importante que eles entendam que a inércia de um corpo é proporcional a massa dele, sendo assim a velocidade adquirida é menor quanto maior for a massa, em situações iguais de força e tempo. No entanto que ela é constante a partir do momento que a força cessa. Sugerimos então que eles calculem de forma aproximada a massa do objeto misterioso, conforme Figura 1.8.



Figura 1.8: Como determinar a massa do objeto misterioso?
(<https://phet.colorado.edu>).

Submetendo a mesma força e tempo dos outros objetos podemos perceber que a velocidade adquirida é igual à do caixote, para que isso aconteça sua massa deve ser de 50kg.

Atividade 4

Breve descrição:

Segunda aula na sala de informática, **Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento**, com o uso do simulador do PHET, Forças e Movimento: noções Básicas na opção Movimento e Cabo de Guerra, para a resolução de lista de exercícios.

Objetivo:

Compreender que a Inércia de um corpo é diretamente proporcional à sua massa.

Recursos:

Uma aula de aproximadamente 45 minutos, lista de exercícios e computadores com o programa instalado.

Dinâmica da aula:

Orientação do aluno para resolver as questões, com o uso do simulador.

Questões que podem ser trabalhadas:

Questões propostas na lista 3.

Lista 3

- 1) Deseja-se parar simultaneamente dois objetos que tem a mesma velocidade, porém um tem o quádruplo da massa do outro. O que se percebe?
- 2) O que acontece quando colocamos dois bonecos iguais em tamanho, porém um azul e um vermelho e clicamos em “Iniciar”?
- 3) Procedendo quase da mesma forma mas deixando um dos bonecos puxar primeiro e logo em seguida colocar o outro, o que acontece? O carrinho não deveria parar?
- 4) Qual o somatório das forças que atuam em um carro que anda em uma estrada em linha reta e com velocidade constante?

Tutorial para a resolução das questões propostas

Resolvendo as questões com o uso do simulador na mesma janela, coloque a geladeira de 200kg em cima do carinho, e empurre até que o conjunto adquira a velocidade de 4m/s e pare de empurrar. Logo em seguida aplique 50N no sentido contrário ao movimento como na Figura 2.1, e conte o tempo necessário para pará-la.

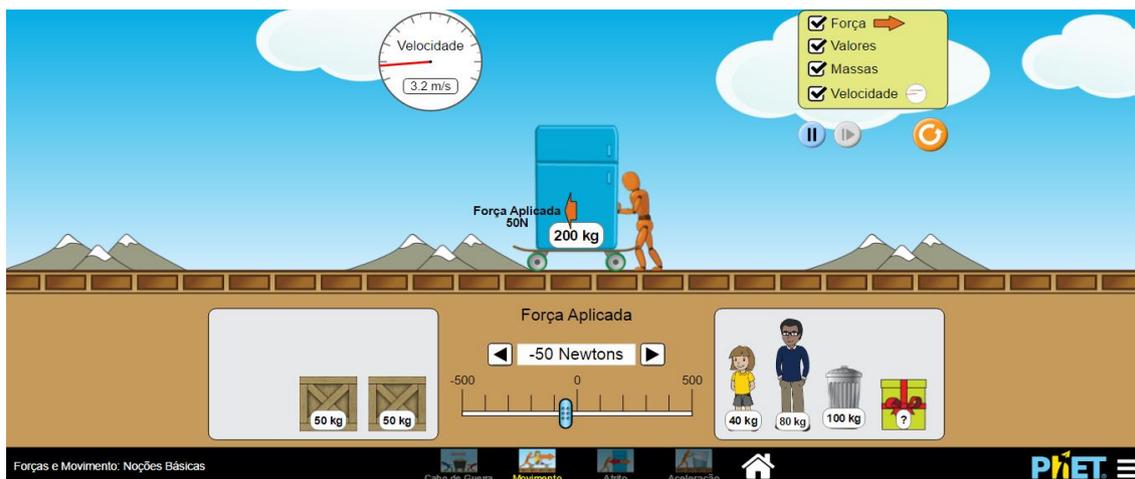


Figura 2.1: Tendência de continuar em movimento, inércia de MRU (<https://phet.colorado.edu>).

Com uma força de 50 Newtons contrária ao movimento do carrinho com a geladeira o boneco leva em torno de quinze segundos para parar.

Proceda da mesma forma anterior porém use o caixote conforme Figura 2.2, no lugar da geladeira. O que se percebe é que o caixote leva apenas quatro segundos para parar. Pergunte aos estudantes o motivo de levar menos tempo para parar. Reforce o conceito de inércia e sua relação com a massa. Simule outras situações para que eles percebam a relação que existe.

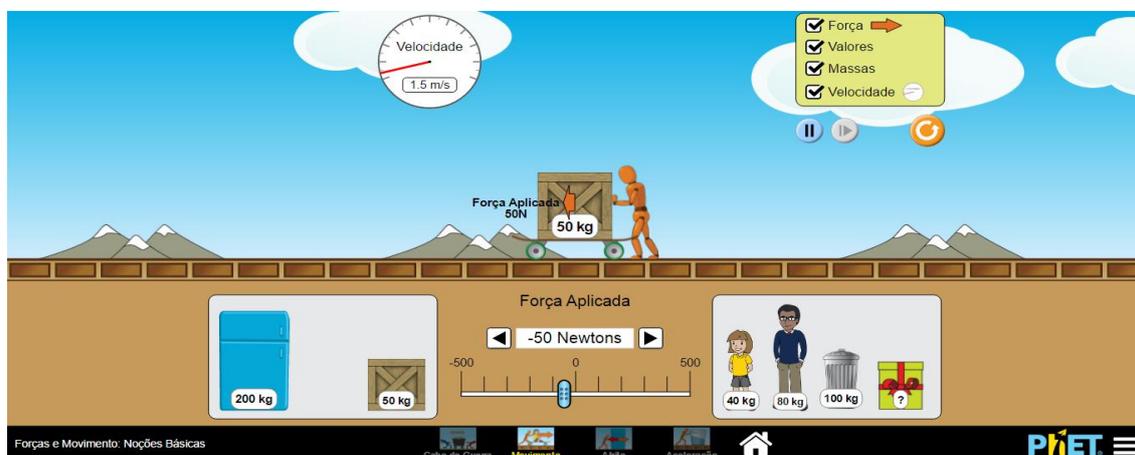


Figura 2.2: Inércia de MRU proporcional à massa (<https://phet.colorado.edu>).

Encerrando nesta janela vamos para uma nova simulação, selecionando a primeira opção na barra inferior Cabo de guerra. (Ver Figura 1.1) Selecionando a opção cabo de guerra, aparece a janela da Figura 2.3, agora selecione as opções no quadro Soma das Forças e Valores.



Figura 2.3: Interface inicial: opção Cabo de Guerra (<https://phet.colorado.edu>).

Escolha um boneco, um azul e outro vermelho, iguais no tamanho. O tamanho do boneco está relacionado a força, é só arrastar o boneco com o *mouse* até o cabo. A ideia é demonstrar que um corpo que está parado vai continuar parado se não houver força atuando sobre ele ou se o somatório das forças for nulo, que pode ser visto na Figura 2.4, conforme a primeira lei de Newton. Clique em “Iniciar”, para que os bonecos comecem a aplicar força.

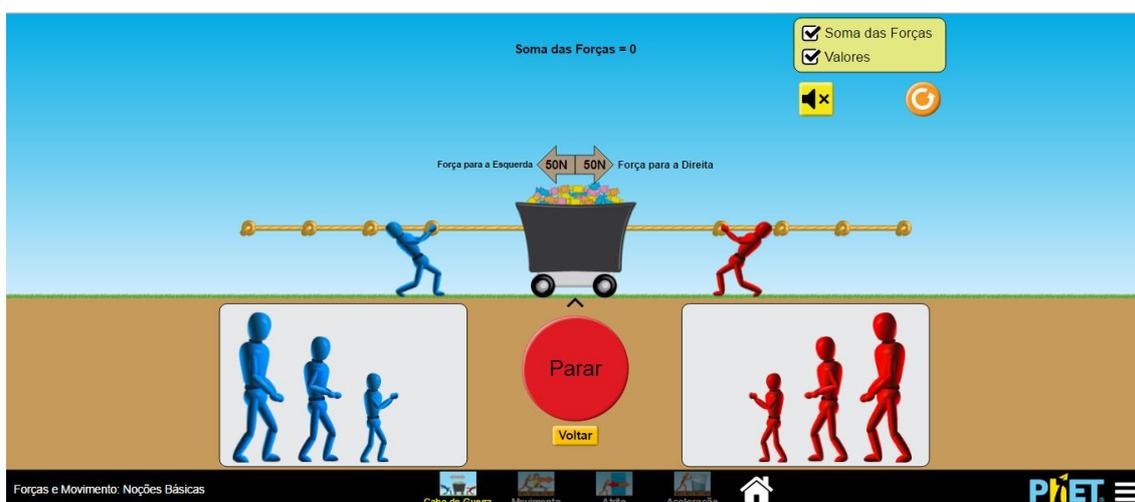


Figura 2.4: Soma de Forças igual a zero em repouso (<https://phet.colorado.edu>).

Quando eles aplicam as forças elas anulam-se pois são de mesma intensidade e de sentidos opostos. Nesta situação o carrinho que está parado vai permanecer parado pois o somatório das forças é nulo, o que é bem intuitivo. Agora coloque um boneco azul no cabo e inicie novamente. Vai aparecer uma soma de forças que aponta para a esquerda, como apresenta a Figura 2.5.

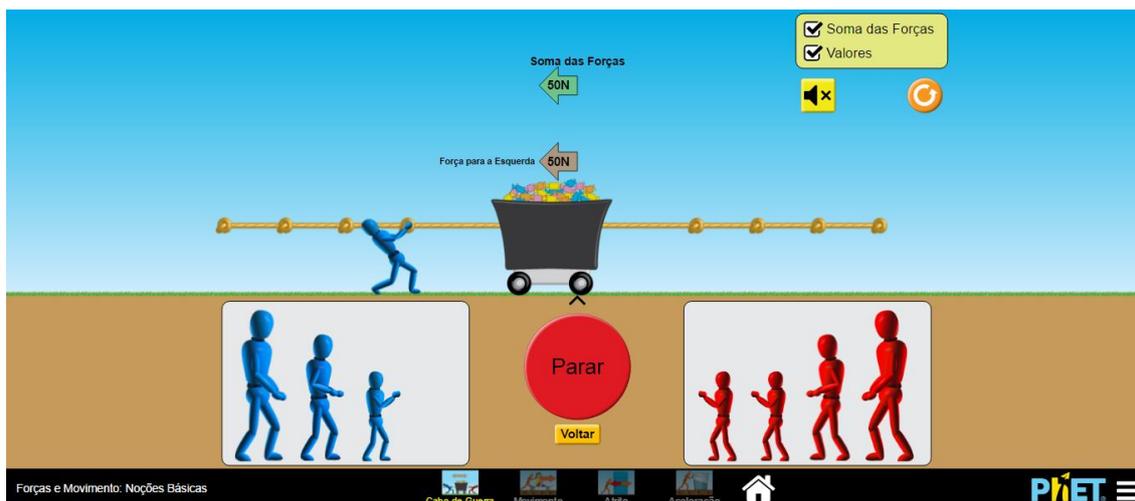


Figura 2.5: Soma de Forças de 50N para esquerda MRUV (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado) (<https://phet.colorado.edu>).

Clique em voltar para reiniciar e deixe o carrinho andar um pouco, logo que ele iniciar o movimento pegue um boneco vermelho de mesmo tamanho e coloque no cabo. O que podemos ver é um exemplo muito claro de MRU, pois o somatório de forças é nulo e temos velocidade constante em linha reta, conforme Figura 2.6.

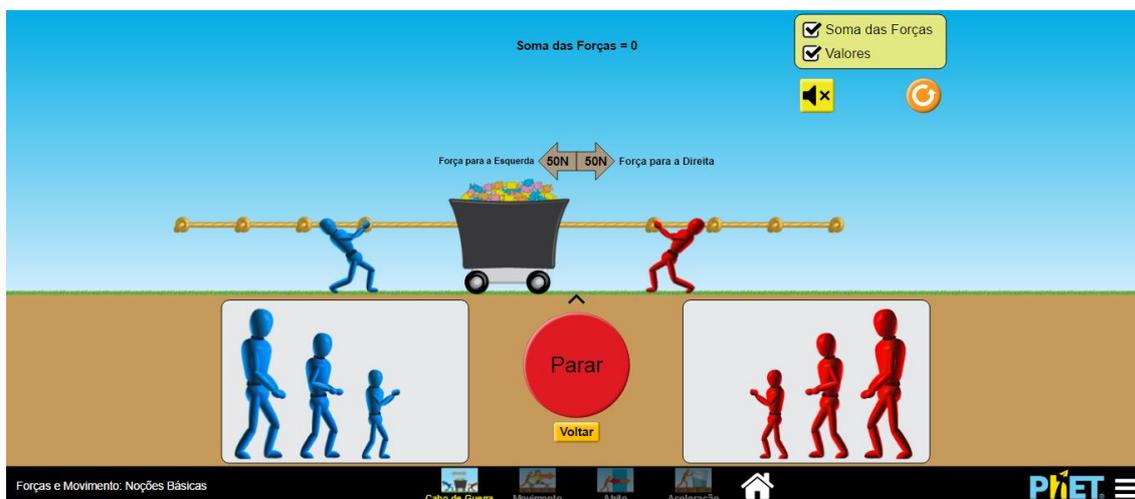


Figura 2.6: Soma de Forças igual a zero com inércia de MRU (<https://phet.colorado.edu>).

Enfatize que embora o somatório das forças é nulo, o carrinho que estava se movendo, continua em movimento. Neste momento, questione os estudantes pelo motivo do carrinho não parar, já que a soma das forças é zero! Sabemos que continua em movimento por inércia. Esta situação pode servir de base para enumerar outras de movimento retilíneo uniforme com velocidade constante. O aplicativo ainda permite fazer somatório de forças com inúmeras configurações inserindo outro bonecos o que é bem intuitivo.

Atividade 5

Breve descrição:

Usaremos o simulador do PHET, Forças e Movimento: noções Básicas na opção na opção Atrito, na **Aplicação do Conhecimento**, na resolução de lista de exercícios.

Objetivo:

Definir a diferença entre uma situação com e sem atrito na Primeira Lei de Newton.

Recursos:

Uma aula de aproximadamente 45 minutos, lista de exercícios e computadores com o programa instalado.

Dinâmica da aula:

Orientação do aluno para resolver as questões, com o uso do simulador.

Questões que podem ser trabalhadas:

Questões propostas na lista 4.

Lista 4

- 1) Por que quando o boneco empurra o homem com 50N ele não se mexe com os outros objetos nas situações anteriores? (Observar o somatório das forças)
- 2) Aumente a força de 50N por vez até que o homem se mova, quando isso acontece sua velocidade é constante? (Justifique)
- 3) Logo após o movimento retire 50N, o que acontece com a velocidade? Não deveria parar?
- 4) Se retirarmos mais 100N o que acontece? Descreva um exemplo que esta mesma situação acontece na realidade!

Tutorial para a resolução das questões propostas

Voltando para a página inicial (ver Figura 1.1) vamos para a terceira opção do simulador é a de **Atrito**. Nesta janela podemos manipular o coeficiente de atrito como vemos na Figura 3.1.

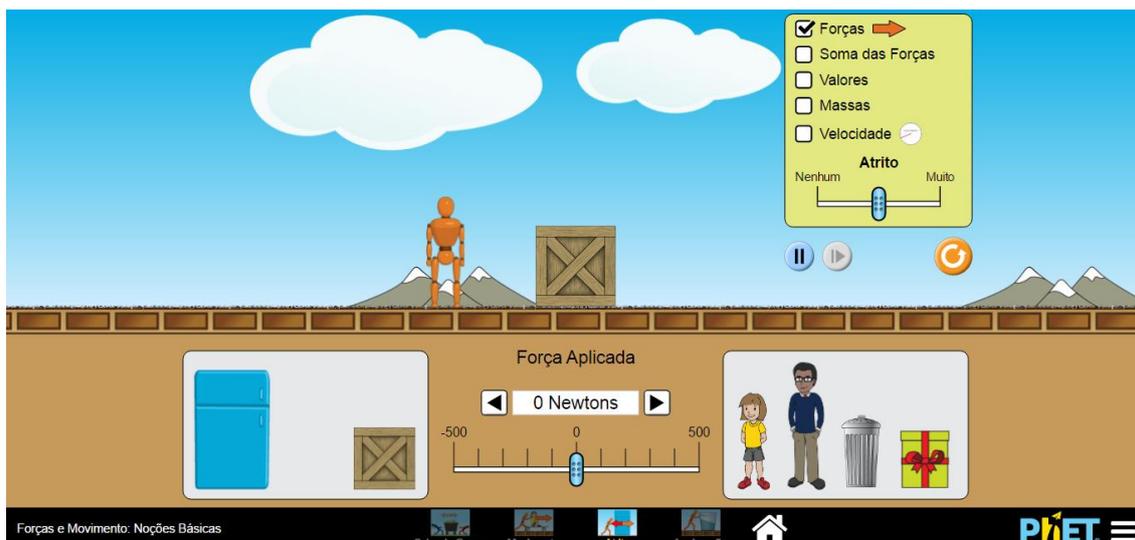


Figura 3.1: Interface inicial: opção com atrito (<https://phet.colorado.edu>).

Para responder estas questões, selecione os itens: força, somatório de forças, valores e massa. Coloque o atrito no máximo e coloque o homem, aplique 50 Newtons.

Mudar o objeto empurrado se justifica pelo fato da força de atrito cinética do homem ser um múltiplo de 50N, então podemos criar uma situação que permite um somatório de forças nulo, o que não é possível de uma forma fácil com a caixa ou outro objeto com massas múltiplas de 50Kg.

O homem não se mexe pois tem atrito, situação mais próxima da real e o coeficiente de atrito estático nesta situação pode variar de 0(zero) até 0,5.

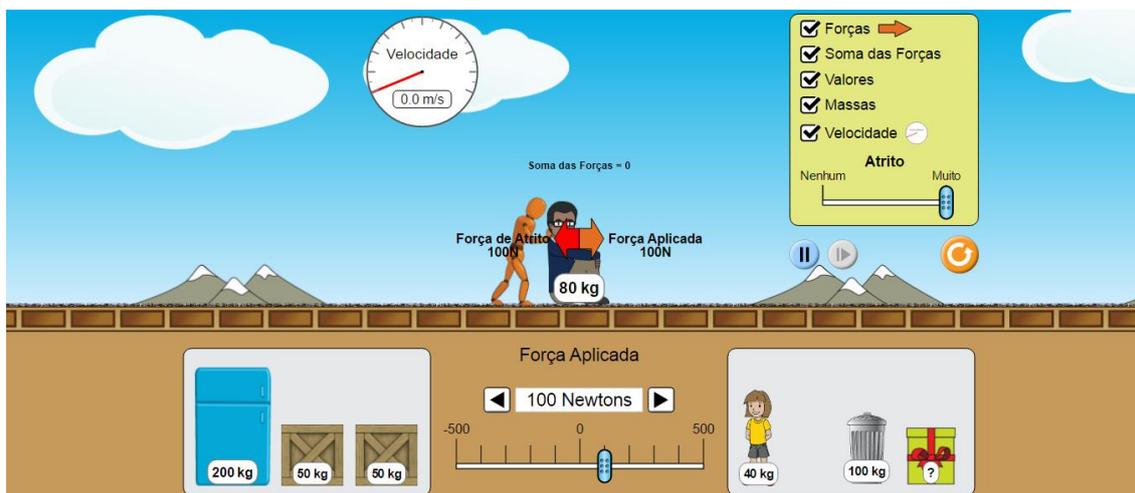


Figura 3.2: Soma de Forças igual a zero com 100N aplicados, situação com atrito, inércia de repouso (<https://phet.colorado.edu>).

Se aplicarmos uma força de 50N a força de atrito responde com 50N, no caso com mesma direção (horizontal) e sentido oposto. Se aplicarmos 100N, a situação continua a mesma, podemos verificar isto na Figura 3.2, não há variação na velocidade. Força

aplicada não necessariamente indica que haverá movimento. Somente acontecerá movimento quando o somatório não for nulo, o que veremos adiante.

Quando aplicamos 100N a força de atrito responde com 100N de força com mesma direção e sentido oposto. Enfatize a ideia que a força de atrito estática responde conforme é solicitada até ser máxima.

Mas se você fizer o cálculo da força de atrito máxima e fazer somatório de forças, por exemplo aplicando uma força de 100N a resposta será de 300N para a esquerda pois a força de atrito máxima é de 400N, e assim a caixa empurraria o boneco, o que obviamente não acontece.

Existe uma variação entre o coeficiente de atrito estático que neste caso 0,5 o cinético 0,375. O coeficiente de atrito estático sempre é maior que o cinético. Se aumentarmos a força aplicada a situação é a mesma até 400N, como percebemos na Figura 3.3, pois esta é a força de atrito máxima. Neste caso, a soma das forças é nula e o homem fica parado.

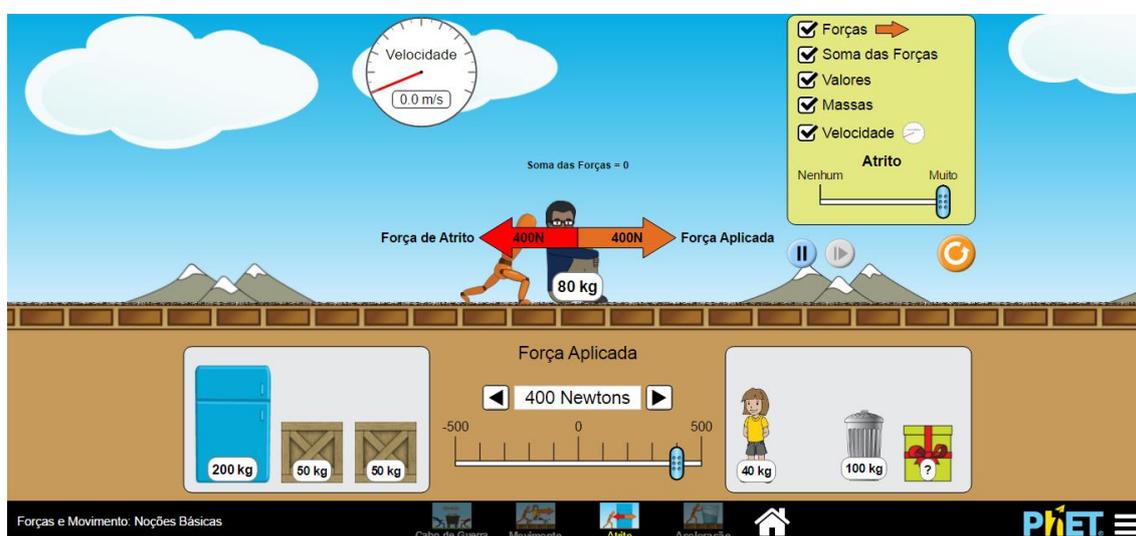


Figura 3.3: Força de atrito máxima de 400N, situação com repouso (<https://phet.colorado.edu>).

Se acrescentar mais 50N o homem começa a escorregar e sua velocidade vai aumentando, o somatório das forças não é 50N para a direita mais sim de 150N para a direita, pois o coeficiente de atrito cinético é menor que o estático, e a força de atrito caiu para 300N, como está indicado na Figura 3.4. A interação entre as partículas que compõem os materiais em contato tem menos interação quando há um deslocamento relativo entre os dois.

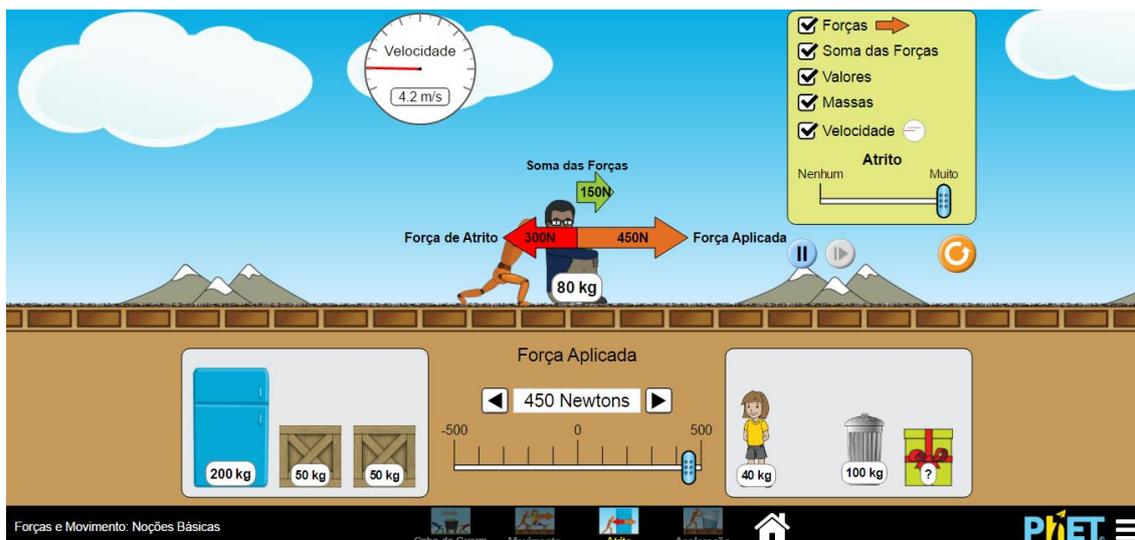


Figura 3.4: Soma das Forças igual 150N com MRUV (<https://phet.colorado.edu>).

Agora embora retire o 50N que foi adicionado por último o somatório das forças é de 100N para a direita e ele ainda continua se movendo e sua velocidade aumentando (acelerando). Uma vez iniciado o movimento a força que tenta impedi-lo, é a força de atrito cinética até que ele pare novamente, como podemos ver na Figura 3.5.

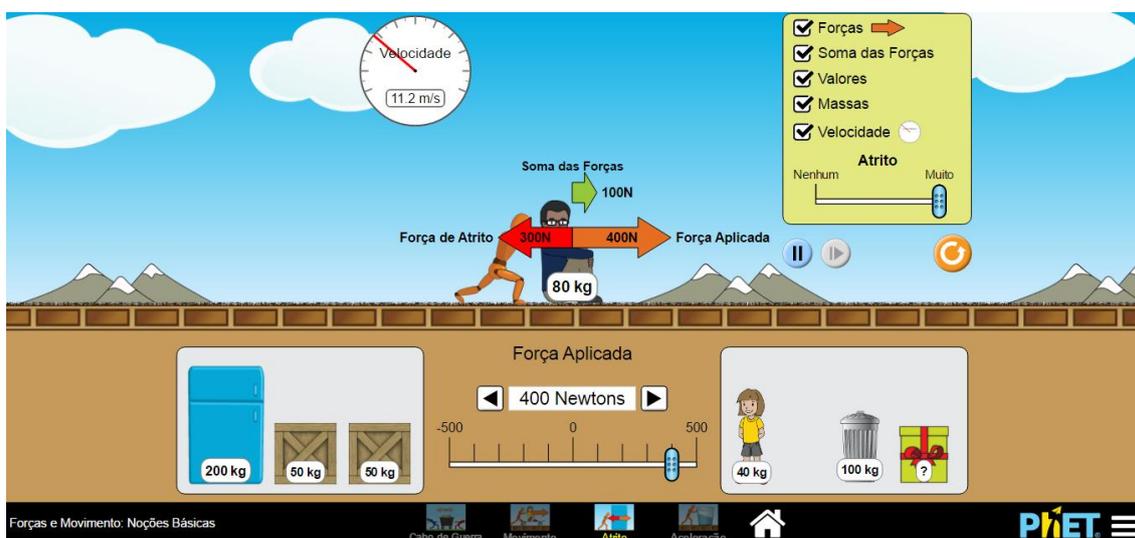


Figura 3.5: Força aplicada menor que a força de atrito máxima, situação com atrito cinético (<https://phet.colorado.edu>).

Tirando mais 100N o somatório das forças é nulo, no entanto a homem continua se movimentando com MRU, podemos observar isto a Figura 3.6. É uma situação bem próxima a real, pois quando estamos nos com velocidade constante e em linha reta o somatório das forças que estão atuando é nulo. Mais uma vez enfatizando que se não fosse nulo na horizontal, ou estaríamos aumentando a velocidade (acelerando) ou diminuindo(desacelerando).



Figura 3.6: Soma de Forças igual a zero com MRU (<https://phet.colorado.edu>).

A força de atrito é uma força que só aparece quando é requisitada. Se empurrarmos o homem para a esquerda a força de atrito aponta para a direita, como na Figura 3.7, contrariando a tendência do homem escorregar.

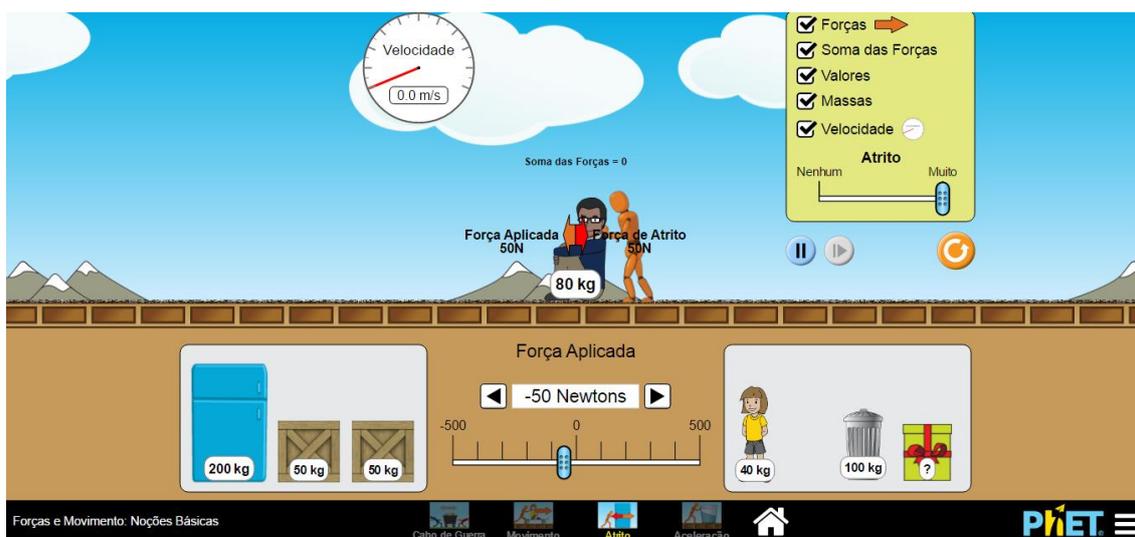


Figura 3.7: Enfatizando que a força de atrito tem mesma direção da força aplicada porém sentido diferente (<https://phet.colorado.edu>).

Concluimos aqui as questões sobre primeira lei de Newton com e sem atrito.

Roteiro de Atividades: Segunda Lei de Newton

Atividade 1

Breve descrição:

Na primeira aula na sala é feita a **Problematização Inicial**. Ela pode ser feita por meio de uma reportagem ou situações que envolvam o conteúdo a ser trabalhado e ligados a situações que despertem a curiosidade dos estudantes. Escolhemos os “Super Homens”, e sua “Força”.

Objetivo:

Mostrar que existe uma limitação da força máxima que uma pessoa pode aplicar, que está relacionada ao seu peso e atrito com o chão.

Recursos:

Uma aula de aproximadamente 45 minutos, Cópia do texto, ou cópia salva em mídia eletrônica.

Dinâmica da aula:

Leitura do texto e posteriores discussões.

Questões que podem ser trabalhadas:

- Por qual motivo ele “segura” o cabo?
- Se não tivesse o cabo qual seria a maior massa que ele arrastaria?
- O seu calçado e o chão tem alguma influência?

Neste momento deve-se fazer a problematização inicial. Nós escolhemos a seguinte reportagem:

“POR RECORDE, REVERENDO PUXA AVIÃO DE MAIS DE 120 TONELADAS”

O reverendo Kevin Fast puxou nesta quinta-feira (17) um Boeing C-17 Globemaster III na base da força aérea canadense em Trenton, no Canadá. Fast tenta estabelecer um novo recorde mundial para o avião mais pesado puxado por um homem.



Figura 1.0: Super Homem. (G1.globo, 2016)

Segundo a Boeing, o Globemaster III pesa vazio 125,6 toneladas, enquanto o peso máximo para decolagem é de 265,3 toneladas. Além disso, tem 53 metros de comprimento e 16,79 m de altura. (Foto: Frank Gunn/AP) [G1.globo, 2016]

É comum vermos nos noticiários que homens muito fortes “SUPER HOMENS” puxam caminhões, carretas ou até mesmo Boeing, no entanto ele tem um cabo para se apoiarem nestas situações.

Por qual motivo eles usam este recurso e se não fosse isso qual seria a maior força que eles poderiam aplicar?

A massa do objeto puxado é o único fator que tem influência nesta situação?

Atividade 2

Breve descrição:

A segunda aula na sala é reservada explicação sobre a Segunda lei de Newton, onde trabalhamos a **Organização do Conhecimento**, com explicações e fórmulas descritas no quadro.

Objetivo:

- Definir a Segunda Lei de Newton sem atrito.
- Trabalhar a Segunda Lei com a interpretação da força Peso.
- Verificar que qualquer força aplicada produz aceleração numa situação sem atrito.

Recursos:

Dois aulas de aproximadamente 45 minutos, lista de exercícios e quadro e giz. As aulas foram baseadas nos livros didáticos de [Máximo, 2010] e [Young, 2003].

Dinâmica da aula:

Explicações e resolução comentadas das questões.

Questões que podem ser trabalhadas:

Questões propostas nas listas 1 e 2. Na lista 1 são trabalhadas questões com a aceleração da gravidade, envolvendo força peso, para termos uma noção de força em Newtons. Na lista 2 a aceleração é abordada de uma forma mais ampla.

Lista 1

1) Bisnaga estava tão empolgado com a Física que soltou a seguinte pergunta: - Como me sentiria na Lua, professor? Meu peso continuaria o mesmo? - Responda você mesmo, Bisnaga, usando o conteúdo da última aula. Digamos que você tenha 80 kg. Aqui na Terra, seu peso é aproximadamente igual a 800 N. Na Lua, a aceleração da gravidade mede $1,6 \text{ m/s}^2$. Qual seria a sua massa e o seu peso, respectivamente, se estivesse na superfície da Lua?

- a) 50 kg e 500 N b) 50 kg e 128 N c) 80 kg e 128 N d) 80 kg e 160 N

(Questão B13 extraída das Olimpíadas Brasileiras de Física das Escolas Públicas 2014) [OBFEP, 2014]

2) Uma sala tem as dimensões comprimento = 5,0m, largura = 4,0m, altura = 3,0m e possui em seu interior uma quantidade de ar de densidade c . O peso do ar contido na sala vale (considere g da Terra = $10,0 \text{ m/s}^2$):

- a) 60 N b) 720 N c) 1.200 N d) 600 N

(Questão B.2 extraída das Olimpíadas Brasileiras de Física das Escolas Públicas 2013) [OBFEP, 2013]

3) Qual o peso de uma maçã que tem 100gramas? (considere g da Terra = $10,0 \text{ m/s}^2$)

4) Atualmente Plutão foi rebaixado para planeta anão por não se enquadrar nas características de planeta, no entanto caso pudéssemos ir até lá sua gravidade é de $0,5m/s^2$, então uma pessoa que pesa 500N aqui na Terra pesaria quanto lá? (considere g da Terra = $10,0m/s^2$)

5) Um foguete experimental pode partir do repouso e alcançar a velocidade de 1600 km/h em 1,8 s, com aceleração constante. Qual a intensidade da força média necessária, se a massa do foguete é 500 kg?

(a) $2,4 \times 10^5$ N. (b) $2,2 \times 10^5$ N. (c) $1,2 \times 10^6$ N. (d) $2,2 \times 10^6$ N. (e) $1,2 \times 10^5$ N.

(Questão número 10 extraída das Olimpíadas Paulista de Física de 2009) [opf.pro, 2016]

6) Uma moto tem uma massa de 200 kg e parte do repouso atingindo 30m/s em 10s. Calcule a intensidade da força resultante que atuou sobre ela.

Lista 2

1) Qual a aceleração adquirida por um skatista de massa 100kg (homem + skate) quando empurrado por uma força de 100N, em uma situação sem atrito?

2) Ainda sem atrito calcule qual a aceleração de um ciclista de 50kg (pessoa + bicicleta) se empurrado por uma força de 50N, 100N e 200N?

3) Qual a massa de um ciclista e sua bicicleta, sendo que quando empurrado com uma força de 100N adquire uma aceleração de $0,81m/s^2$?

4) Por que quando empurramos um carro com o freio acionado ele não anda embora estejamos aplicando força?

Atividade 3

Breve descrição:

Primeira aula no laboratório de informática, para a etapa da **Organização do Conhecimento**, com o uso do simulador do PHET, Força e Movimento na opção Gráfico de Forças e Introdução.

Objetivo:

Reforçar o entendimento da Segunda Lei simulando eventuais situações problema.

Recursos:

Uma aula de aproximadamente 45 minutos, lista de exercícios e computadores com o programa instalado.

Dinâmica da aula:

Orientação do aluno para resolver as questões, com o uso do simulador.

Questões que podem ser trabalhadas:

Vamos usar o simulador para confirmar nossos cálculos dos exercícios da segunda lista da Segunda Lei de Newton, de sala de aula que foi adaptada para resolvermos no simulador.

Questões propostas na lista 3.

Lista 3

- 1) Selecione uma massa de 100kg aplique uma força de 100N, qual será a aceleração adquirida se a situação for sem atrito?
- 2) Ainda sem atrito, selecione um objeto de massa 50kg e empurre com 50N por dois segundos e pause, mude a força para 100N e empurre por mais dois segundos e pause novamente, então empurre com 200N até que ocorra a colisão. Qual a relação que se observa entre Força e aceleração?
- 3) Qual a massa do objeto misterioso?
- 4) Selecione a janela superior “Introdução”, nas opções de atrito escolha madeira. Ajuste a posição do caixote para zero e aplique 50N por 4segundos. O que acontece?

Tutorial para a resolução das questões propostas

Para resolver as questões clique na opção “gráfico de força, barra superior”. Para confirmar a resposta da **primeira questão**, selecione a opção sem atrito (gelo), ver Figura 1.1, e os itens aceleração e forças paralelas:

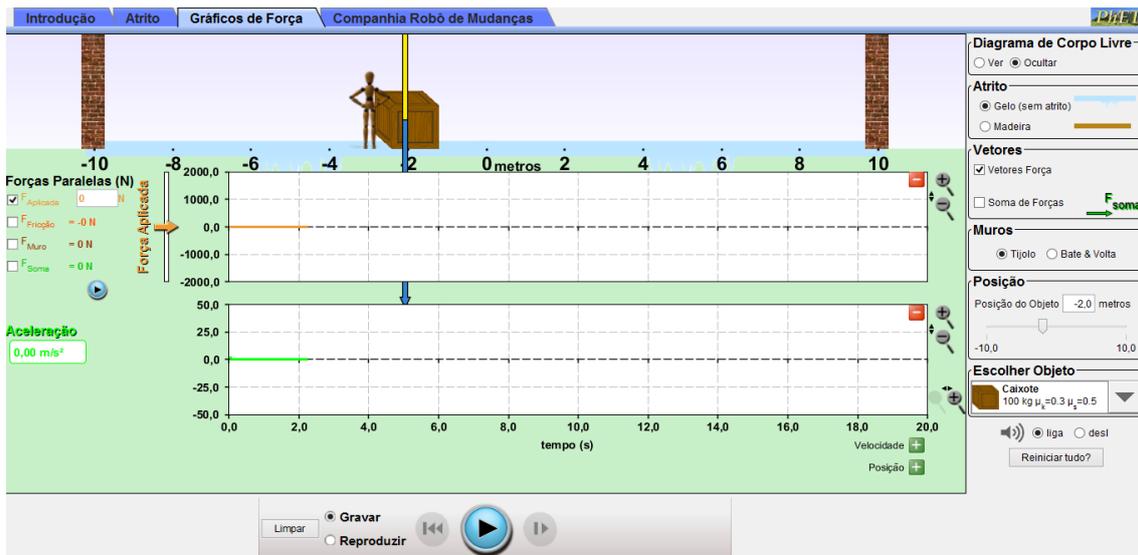


Figura 1.1: Segunda Lei de Newton sem Atrito (<https://phet.colorado.edu>).

Introduza o valor de 100N e clique inicie, note que a aceleração foi de 1m/s^2 , então recorrendo a fórmula da Segunda Lei Newton, equação 2.1, podemos calcular a aceleração da caixa, que é de 1m/s^2 , como mostra a Figura 1.2, note que estamos na opção gelo, que desconsidera o atrito.

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} \Rightarrow a = \frac{100\text{N}}{100\text{kg}} \Rightarrow a = 1\text{m/s}^2. \quad (2.1)$$

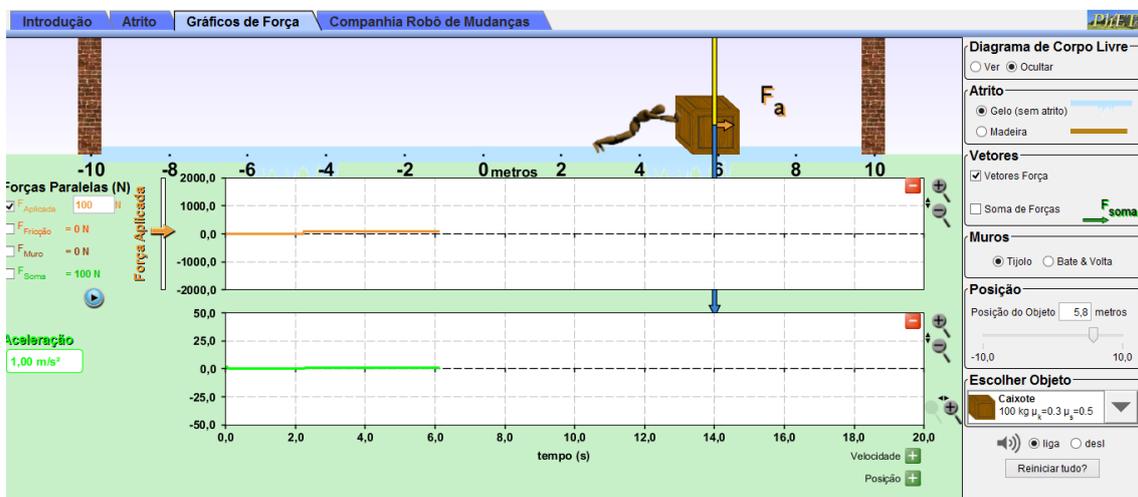


Figura 1.2: Toda força produz aceleração sem atrito (<https://phet.colorado.edu>).

Para mostrar que a aceleração é diretamente proporcional à força, confirmando a resposta da **segunda questão**, com o mesmo esquema vamos diminuir as escalas do gráfico na força aplicada e na aceleração, basta clicar no botão mais (+) no canto superior do gráficos.

Então podemos observar o comportamento do gráfico da aceleração, bem como o da força aplicada, na Figura 1.3, tendo a massa constante. É um bom momento para enfatizar que nos casos abordados a força aplicada é constante.

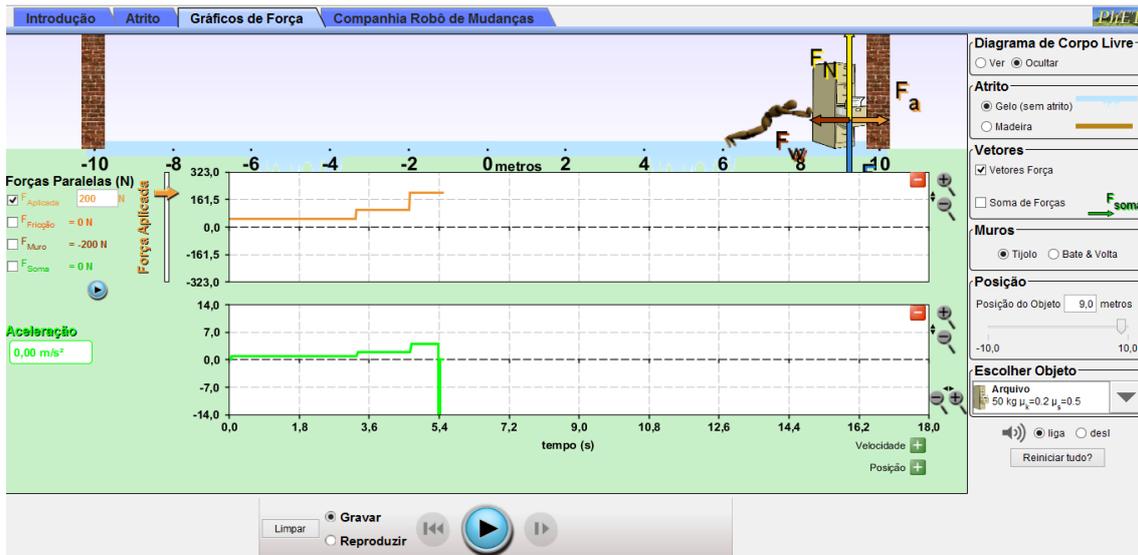


Figura 1.3: Gráficos que evidenciam que aceleração é proporcional à força aplicada (<https://phet.colorado.edu>).

No entanto quando se choca com a parede a aceleração fica negativa e vai a zero instantaneamente. O boneco continua fazendo 200N “para a direita”, mas a parede responde com -200N “para a esquerda”, parando o objeto.

Para determinar a massa do objeto misterioso, **terceira questão**, podemos manipular a fórmula de modo a obter a massa. Inicialmente aplicamos 100N no objeto misteriosos e verificamos sua aceleração, a Figura 1.4, simula a situação.

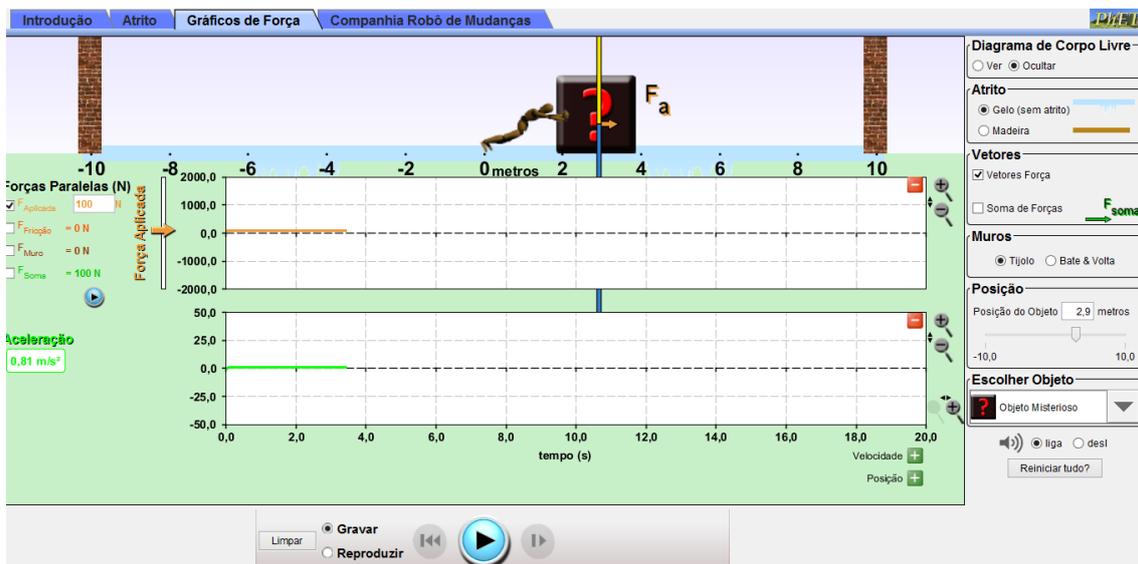


Figura 1.4: Como determinar a massa de um objeto tendo somente a força aplicada e a aceleração adquirida? (<https://phet.colorado.edu>).

Sendo que a aceleração é de $0,81\text{m/s}^2$, podemos então definir a massa por meio da equação (2.2).

$$F = ma \Rightarrow m = \frac{F}{a} \Rightarrow m = \frac{100N}{0,813m/s^2} \Rightarrow m = 123,001kg \cong 123kg \left(\frac{N}{m/s^2} = kg\right). (2.2)$$

Para confirmar a massa é só aplicar 123N e a resposta da aceleração deve ser $1m/s^2$, como está na Figura 1.5. O professor deve salientar que quando a força aplicada coincide com o a massa do objeto por logica a aceleração sempre será de $1m/s^2$.

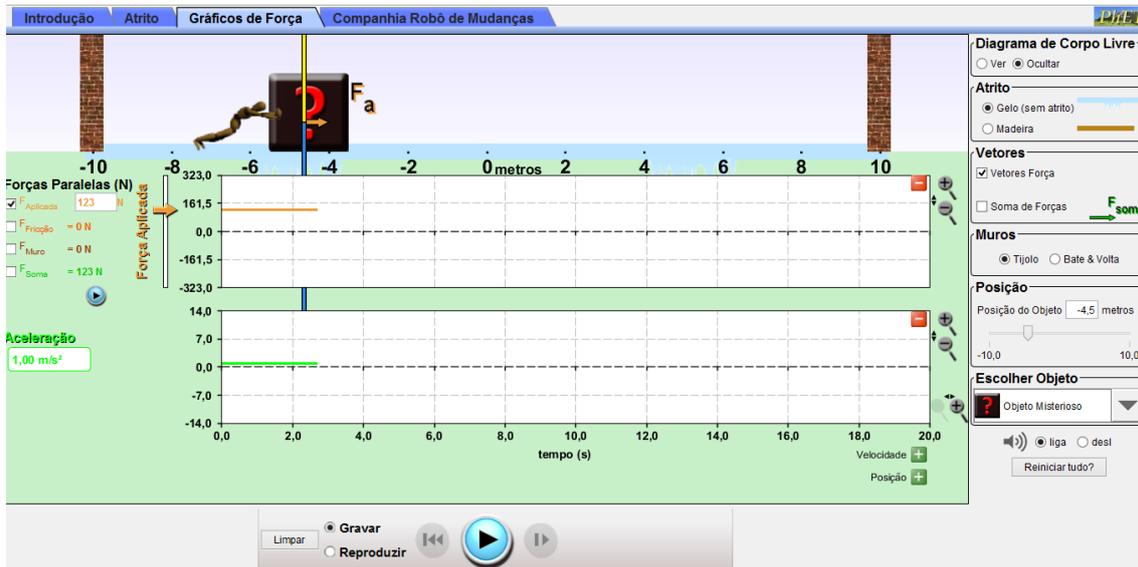


Figura 1.5: confirmação da massa (<https://phet.colorado.edu>).

Para resolver a **última questão**, selecione a opção “introdução”, nas opções de atrito escolha madeira, ajuste a posição do caixote para zero e aplique 50N por 4 segundos. Oriente-se pela Figura 1.6, onde os valores já estão inseridos.



Figura 1.6: Situação com atrito, força aplicada igual a força de atrito (<https://phet.colorado.edu>).

Questione os alunos sobre o repouso da caixa mesmo com força aplicada, lembre-os da primeira simulação e enfatize a diferença. É muito importante que fique claro para o aluno que força aplicada não está necessariamente associada a aceleração.

Atividade 4

Breve descrição:

Segunda aula na sala de informática, para a **Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento**, com uso do simulador do PhET, Força e Movimento na opção Gráfico de Forças e Atrito.

Objetivo:

- Enfatizar a existência da força de atrito.
- Diferenciar força de atrito estático e cinético.
- Verificar a proporcionalidade entre força aplicada a aceleração.

Recursos:

Uma aula de aproximadamente 45 minutos, lista de exercícios e computadores com o programa instalado.

Dinâmica da aula:

Orientação do aluno para resolver as questões, com o uso do simulador.

Questões que podem ser trabalhadas:

Questões propostas nas listas 4 e 5.

Lista 4

- 1) Um menino empurra um arquivo de 50kg aplicando uma força de 245N na horizontal, qual a aceleração sem não haver atrito?
- 2) Caso a mesma situação acima ocorresse com um coeficiente de atrito de estático é de 0,5, qual seria a força mínima necessária para deslocar o arquivo?
- 3) Aplicando 246N, e o coeficiente de atrito cinético for de 0,2. Qual a aceleração adquirida? (Considere a aceleração da gravidade constante e igual a $9,8 \text{ m/s}^2$)

Tutorial para a resolução das questões propostas

Para resolvermos estas questões devemos trabalhar com uma gravidade de $9,8 \text{ m/s}^2$ pois o programa trabalhar com esta aceleração. É uma boa hora para fazer um comparativo com uma situação sem atrito, fazendo uma breve revisão. Caso não houvesse o atrito a aceleração seria de $4,9 \text{ m/s}^2$, como está mostrando a Figura 2.1:

$$a = \frac{F}{m} \rightarrow a = \frac{245}{50} \rightarrow a = 4,9 \text{ m/s}^2 \left(\frac{N}{kg} = \text{m/s}^2 \right). \quad (2.3)$$

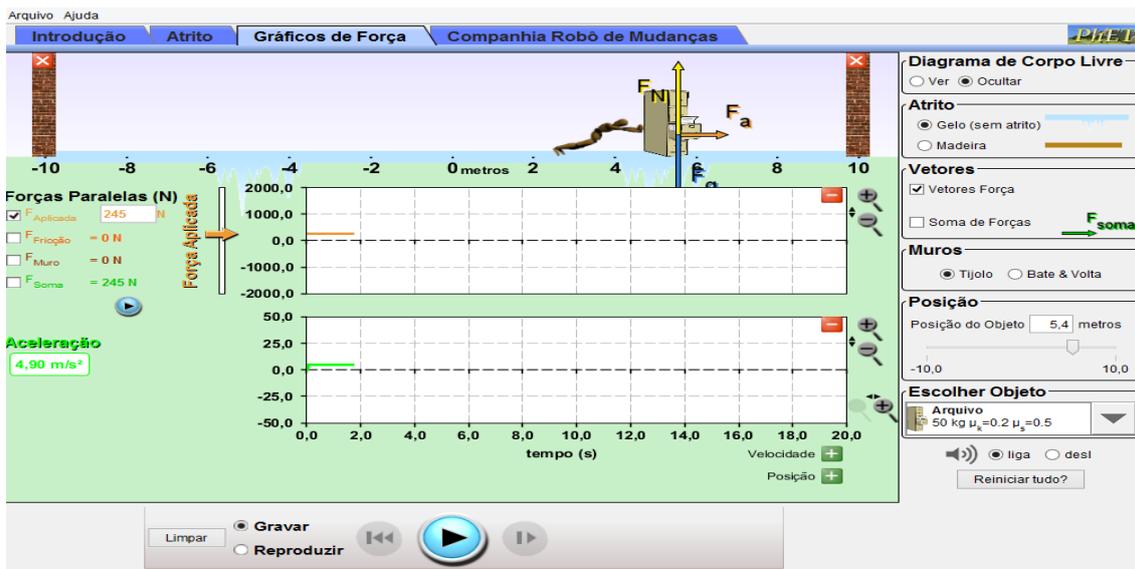


Figura 2.1: Toda força aplicada produz aceleração em situações sem atrito (<https://phet.colorado.edu>).

Na Figura 2.2, situação com atrito, podemos perceber que a medida que o tempo o arquivo fica em repouso, a força de atrito máxima que é de 245N.

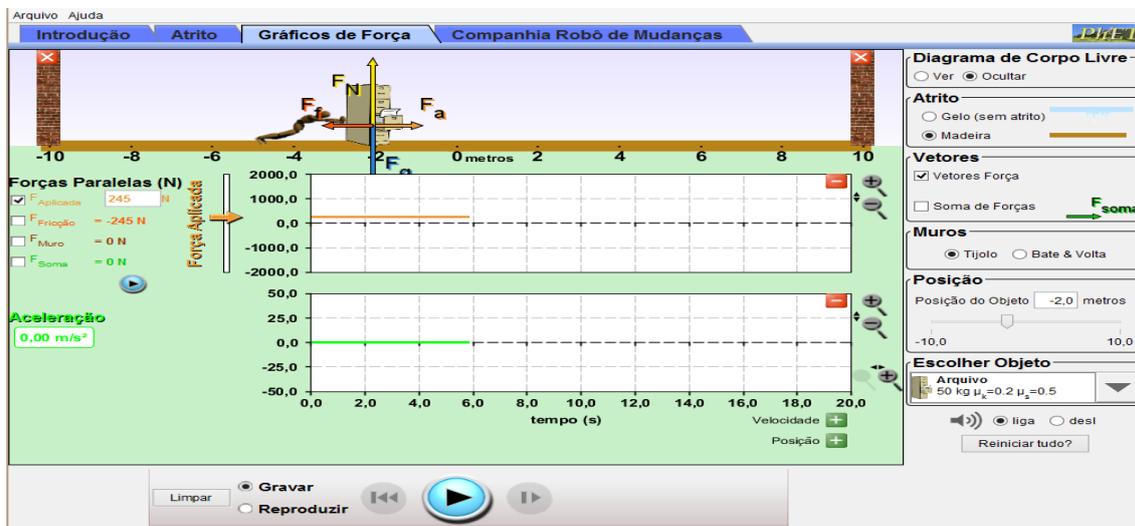


Figura 2.2: Força de atrito máxima, situação sem movimento em um somatório de forças nulo (<https://phet.colorado.edu>).

Então para que se mova é necessário mais que 245N. Vamos usar uma força maior que a de atrito máxima para haver aceleração, usando 246N, com o coeficiente de atrito cinético de 0,2, podemos perceber que a aceleração adquirida é de $2,96 \text{ m/s}^2$, como mostra a Figura 2.3.

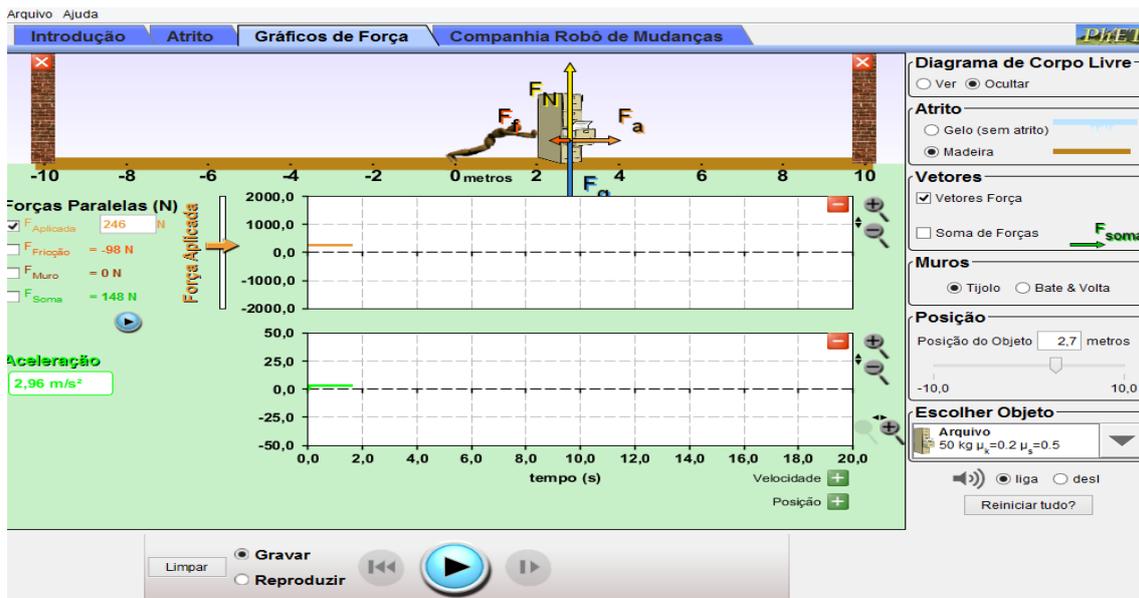


Figura 2.3: Aceleração com somatório de forças positivo, com força de atrito cinética (<https://phet.colorado.edu>).

É muito interessante fazer comparações entre a situação sem e com atrito, pois nas futuras avaliações as questões podem ser formuladas de tal forma que hora seja considerado hora não.

Uma outra opção que pode-se trabalhar para reforçar esta ideia e identificar uma aceleração negativa é a do exercício seguinte:

Lista 5

1) Uma caixa de 100kg com coeficiente de atrito estático 0,5 e coeficiente de atrito cinético de 0,3, é empurrada inicialmente por um homem que aplica uma força de 490N, porém ela não se move. Um menino chega para auxiliar ele aplica uma força de 100N, na mesma direção e sentido do homem, a caixa se move no entanto o homem para de aplicar a força. Qual a aceleração da caixa quando só o homem empurra, quando os dois empurram e quando o homem para de empurrar ficando só o menino?

Tutorial para a resolução das questões propostas

Vamos resolver a questão utilizando a mesma opção da questão anterior com atrito. Quando somente o homem empurra a caixa, a força aplicada é menor que a força de atrito estática, então a aceleração nula, conforme a Figura 2.4, neste caso pois a caixa não se move a medida que o tempo passa.

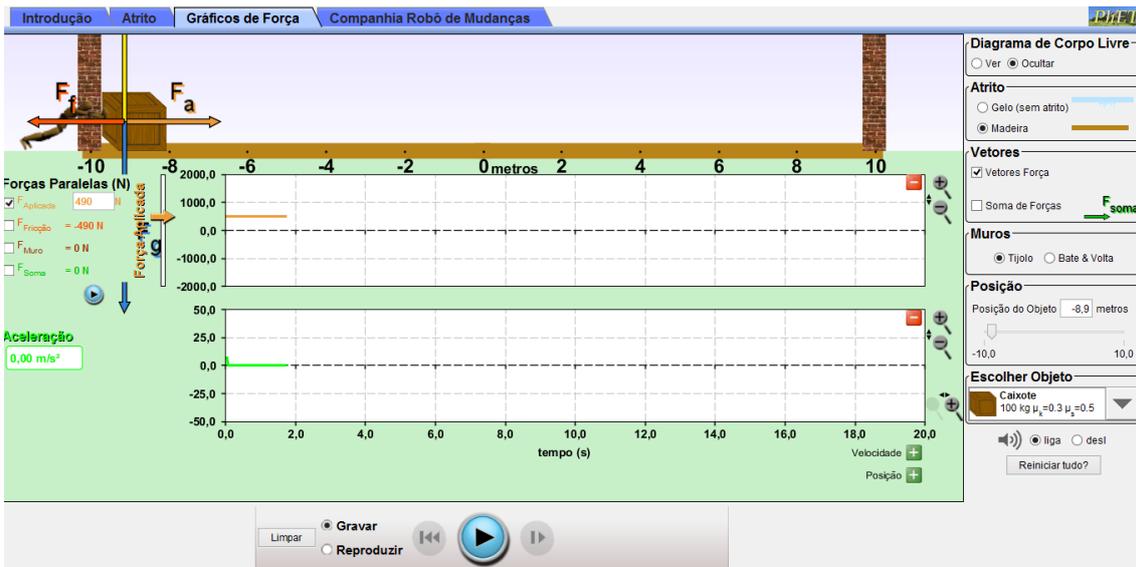


Figura 2.4: Força aplicada menor que a força de atrito estática máxima, situação de repouso (<https://phet.colorado.edu>).

Situação que o homem e o menino empurram a caixa a força aplicada é maior que a força de atrito máxima e a caixa começa e escorregar. Podemos ver na Figura 2.5 o s gráficos de força aplicada a aceleração em função do tempo.

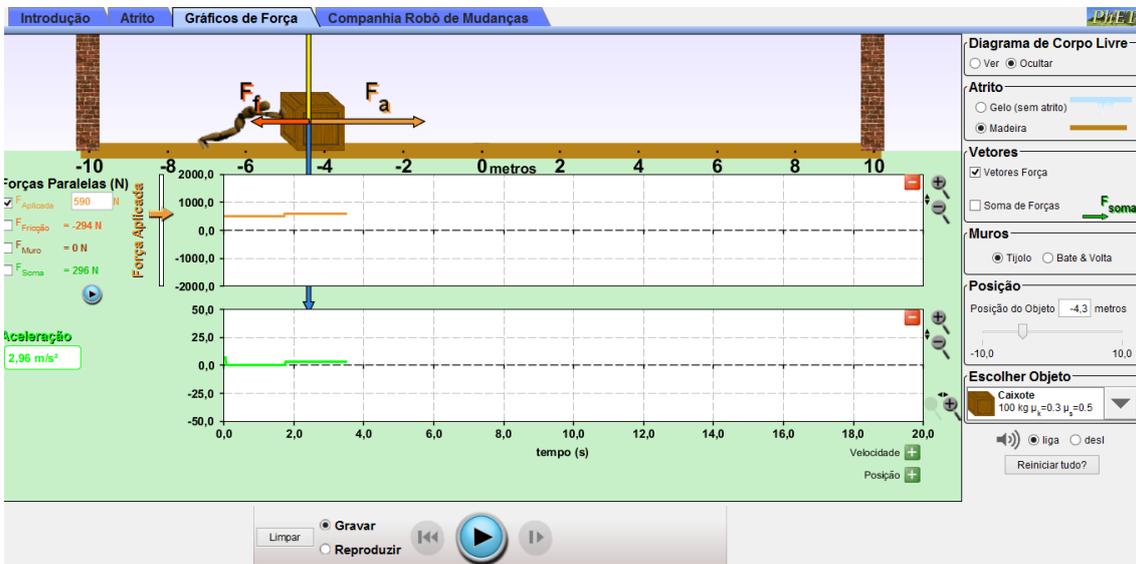


Figura 2.5: Força aplicada maior que a força de atrito estática máxima, situação de MRUV (<https://phet.colorado.edu>).

Na situação que o homem para de empurrar e só o menino continua empurrando, podemos enfatizar a desaceleração pois o somatório de forças aponta para a esquerda, contrário ao deslocamento, diminuindo a velocidade da caixa gradativamente. Podemos observa uma desaceleração no gráfico de aceleração da Figura 2.6.

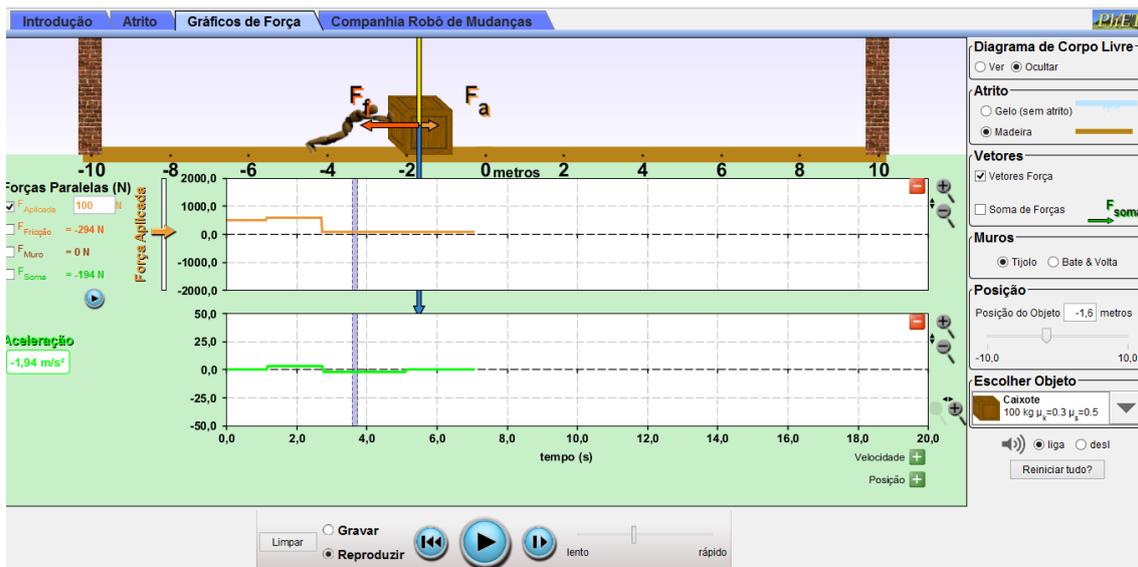


Figura 2.6: Força aplicada menor que a força de atrito cinética, com somatório negativo e desaceleração. (<https://phet.colorado.edu>).

Logo que a caixa para observe que a força de atrito que em movimento era de -294N altera-se para -100N, o que está registrado na Figura 2.7, o que é de se esperar pois do contrário a “caixa começaria a empurrar o menino”, o que não é razoável.

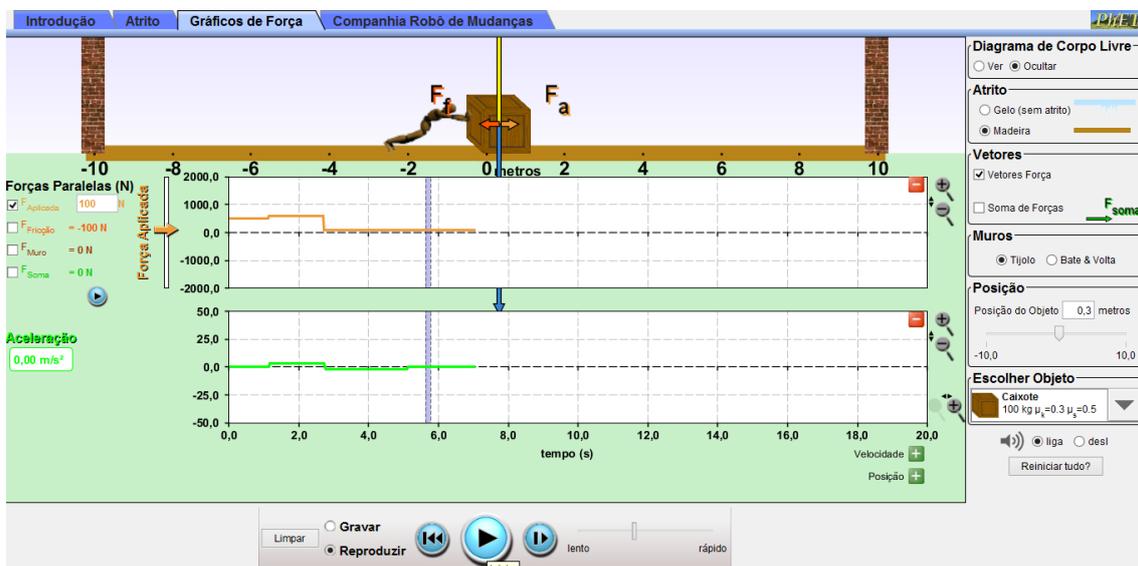


Figura 2.7: Desaceleração até o repouso, no momento que a caixa para a força de atrito se iguala a força aplicada (<https://phet.colorado.edu>).

Podemos ainda ir na aba **Atrito** e simular situações onde podemos alterar a gravidade e mostra que o atrito é diretamente ligado a gravidade pois a força de atrito depende da força normal que na situações abordadas é igual ao peso em módulo, direção e sentido oposto.

Podemos simular também situações com aceleração da gravidade diferentes, como na Figura 2.8, se considerarmos o atrito devemos tomar cuidado pois a mudança na

gravidade altera o peso dos objetos e consequentemente sua força de atrito. Vamos trabalhar situações com mesmo objeto. Estando na opção **Atrito** aplique 300N e mova o botão do coeficiente de atrito todo para a esquerda (sem atrito).

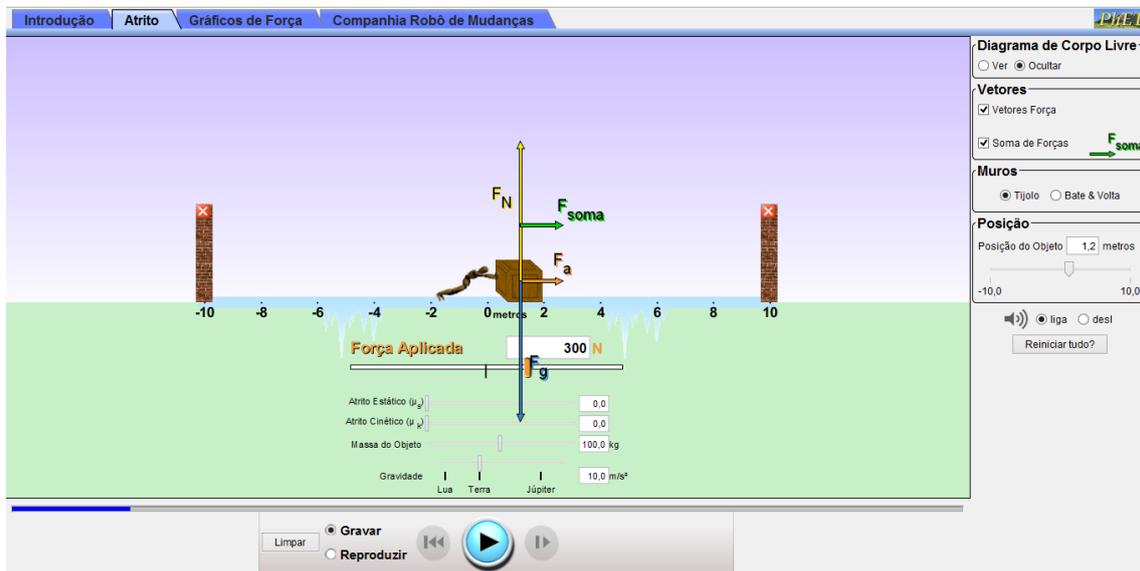


Figura 2.8: A influência da gravidade na força de atrito (<https://phet.colorado.edu>).

Mudando a gravidade e sem atrito podemos verificar não há alterações nas questões que propostas.

Atividade 5

PLANO INCLINADO COM E SEM ATRITO.

Para buscar o entendimento de questões que são de seu cotidiano, como o fato de escorregar com mais facilidade em uma rampa, caso ela esteja molha ou de ter mais cuidado quando estiver descendo uma rampa muito inclinada.

Breve descrição:

Terceira aula na sala de informática, para a **Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento**, Com uso do simulador do PhET, Rampa: Forças e Movimento na opção Introdução, para o estudo do atrito no plano inclinado.

Objetivo:

- Definir força Normal.
- Entender a ligação da força Normal e a força Peso.
- Mostra que a força Normal nos casos citados está ligada a inclinação da rampa.

Recursos:

Uma aula de aproximadamente 45 minutos, lista de exercícios e computadores com o programa instalado.

Dinâmica da aula:

Orientação do aluno para resolver as questões, com o uso do simulador.

Questões que podem ser trabalhadas:

Questões propostas nas lista 6.

Lista 6

- 1) Notamos que escorregamos com mais facilidade em uma rampa do que em um lugar plano, e quanto mais inclinada for a rampa mais fácil é de escorregar, por que isso acontece?
- 2) Quais fatores influenciam na eminência de escorregar em uma rampa? Qual destes fatores muda em uma rampa molhada?
- 3) Faça um esboço de um objeto parado em uma rampa e indique as forças que estão atuando!
- 4) Quando um carro está em uma estrada plana com uma velocidade constante e desce uma lomba, mesmo que o motorista mantenha a mesma condições de ante de descer sua velocidade aumenta, da mesma forma que diminui se subir uma lomba, o que ocasiona isso?

Tutorial para a resolução das questões propostas

Para resolver as questões propostas usaremos a opção **Introdução**, podemos começar trabalhando uma ideia de somatório de forças em situações com plano e sem

plano inclinado. Vamos identificar as componentes da força peso, em um lugar plano horizontal, como percebemos na Figura 3.1.

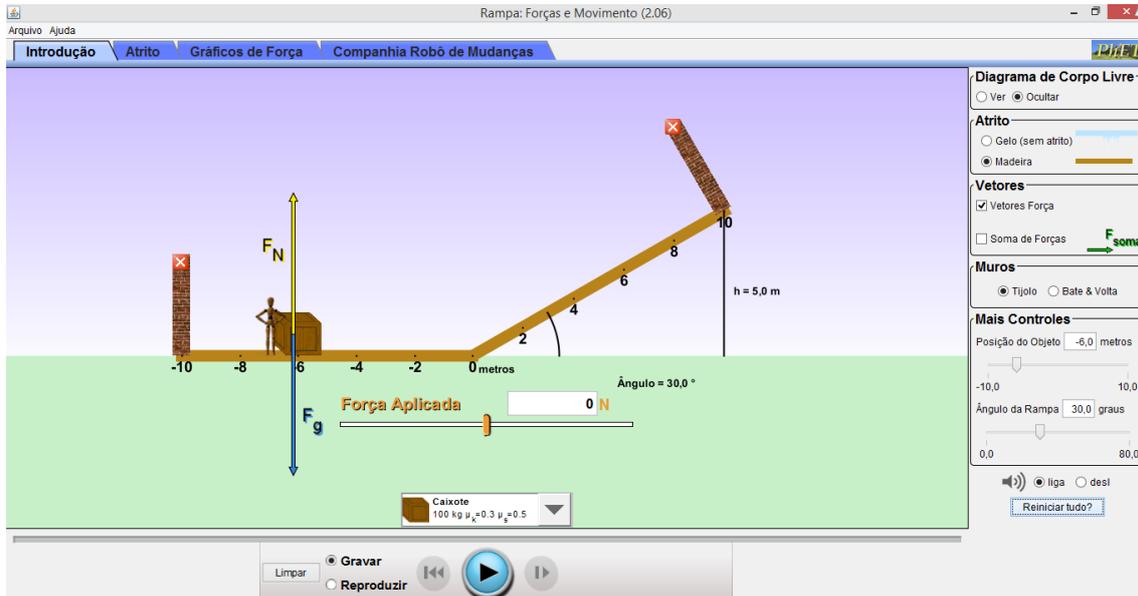


Figura 3.1: Analisando as componentes da força Peso em um plano horizontal (<https://phet.colorado.edu>).

Quando estamos em um lugar plano a força Normal tem mesmo módulo que a força Peso com sentido contrário, pois a Normal faz um ângulo de 90 graus com a superfície de contato, sabemos no entanto que a força Normal diminui com o aumento da inclinação, conseqüentemente força de atrito máxima diminui pois é diretamente proporcional a Normal $F_a = \mu N$. Porém quando estamos em um lugar inclinado a força Peso se decompõe e diminui a força Normal causando um decréscimo na força de atrito que conseqüentemente facilita o escorregar.

Podemos demonstra as três situações acima com o uso do simulador. Quando o ângulo é zero a força Normal é igual ao peso. Então chegamos a uma situação em que define a componente em “x”:

$$F_x = P \sin 0^\circ \rightarrow F_x = P \cdot 0 \rightarrow F_x = 0. \quad (3.1)$$

Já a componente no eixo “y” toma um valor máximo pois,

$$F_y = P \cos \theta \rightarrow F_y = P \cos 0^\circ \rightarrow F_y = P \cdot 1 \rightarrow F_y = P. \quad (3.2)$$

Então temos que a força no eixo “y” é a próprio Peso, e que como corpo não está afundando a força Normal é igual ao peso em módulo, tem mesma direção porém sentido oposto.

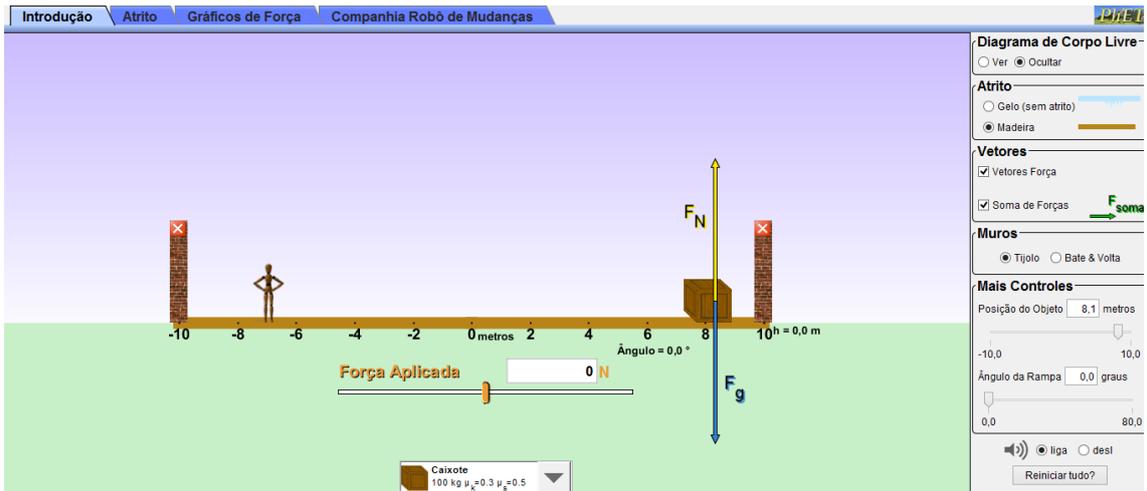


Figura 3.2: Normal igual ao Peso em módulo e direção em um plano horizontal (<https://phet.colorado.edu>).

A medida que aumentamos o ângulo da rampa a força Normal vai diminuindo, como podemos ver na Figura 3.3. Quanto mais aumentamos a inclinação da rampa menor é a normal, chegando em uma situação que a caixa escorrega.

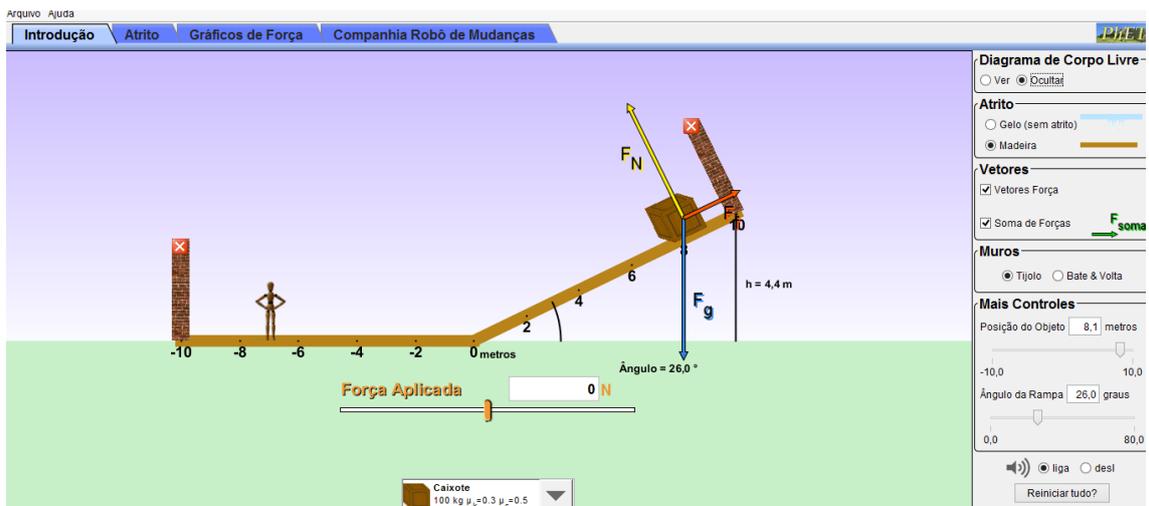


Figura 3.3: Decréscimo da força Normal pela inclinação (<https://phet.colorado.edu>).

Na Figura 3.4 a força normal diminui pela inclinação da rampa, com isso a força de atrito estático também. Como consequência a caixa escorrega. Se a inclinação for muito grade, próxima aos 90 graus a força de atrito vai a zero.

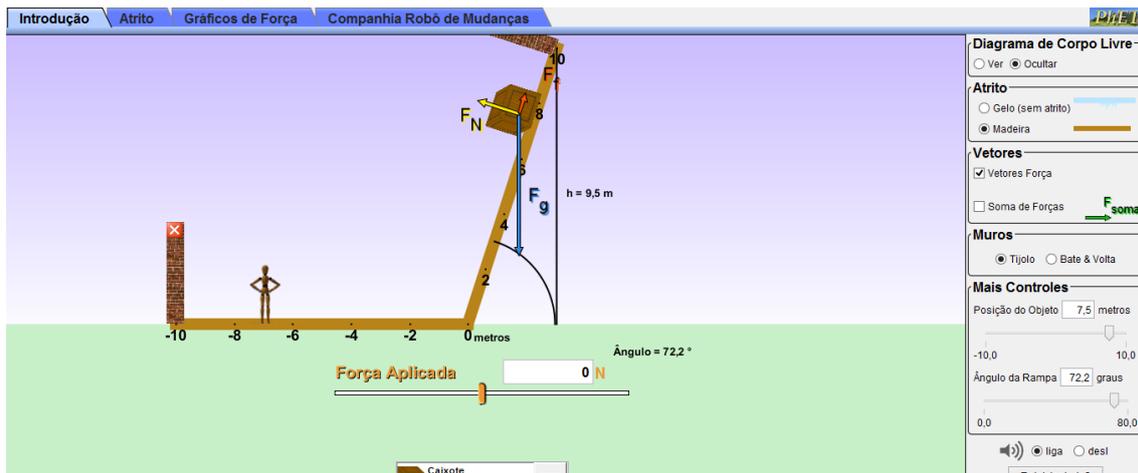


Figura 3.4 A força Normal vai a zero na vertical, e a força de atrito também (<https://phet.colorado.edu>).

Os fatores que influenciam são o coeficiente de atrito e a normal. Na Figura 3.5 podemos observar o diagrama do corpo livre que foi selecionado. Podemos então ver a direção e o sentido da força de atrito e da força normal e enfatizar ainda que a força peso aponta para o centro do planeta, como indica a Figura 3.5.

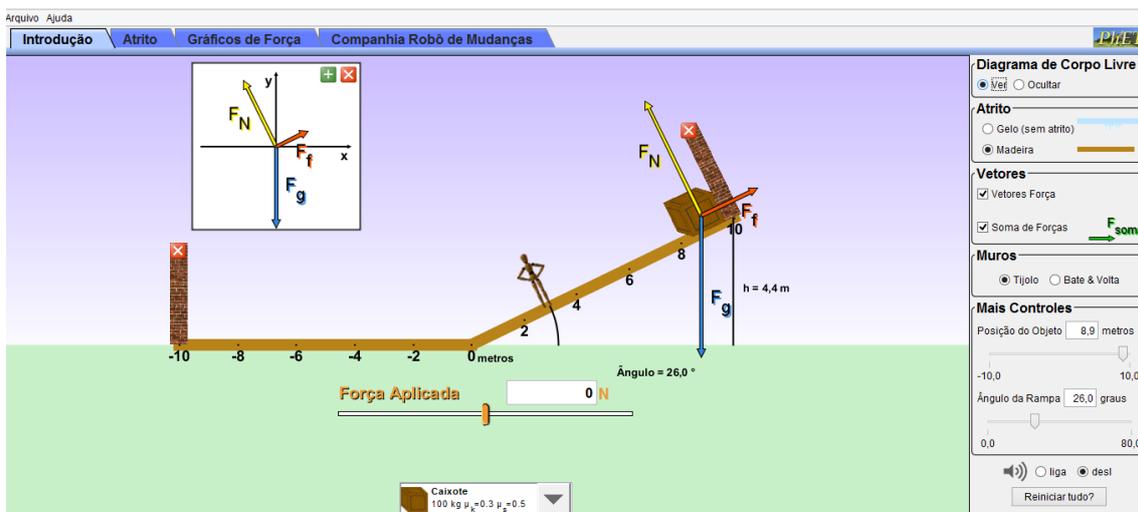


Figura 3.5: Força de atrito cresce com o decréscimo da inclinação da rampa (<https://phet.colorado.edu>).

Se o atrito não existe como simula na situação com gelo qual quer ângulo de inclinação por menor que seja causa deslizamento. Pois não teria força se opondo ao movimento, como na Figura 3.6.

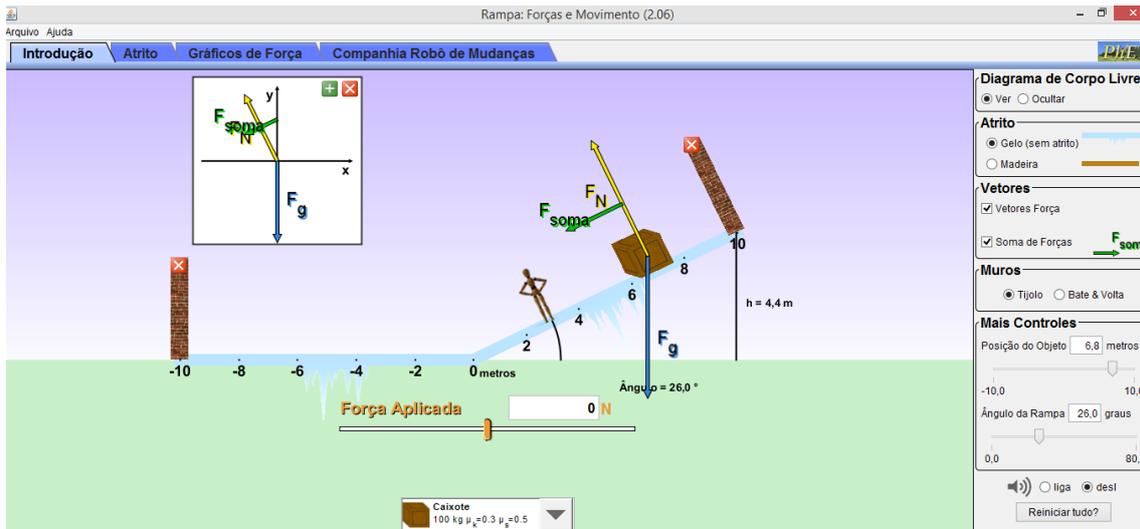


Figura 3.6: Rampa sem atrito, aumento na tendência de escorregar (<https://phet.colorado.edu>).

Podemos testar com um ângulo pequeno como o de 2 graus, como na Figura 3.7, por exemplo. Confiando a tendência a escorregar caso não tenha atrito.

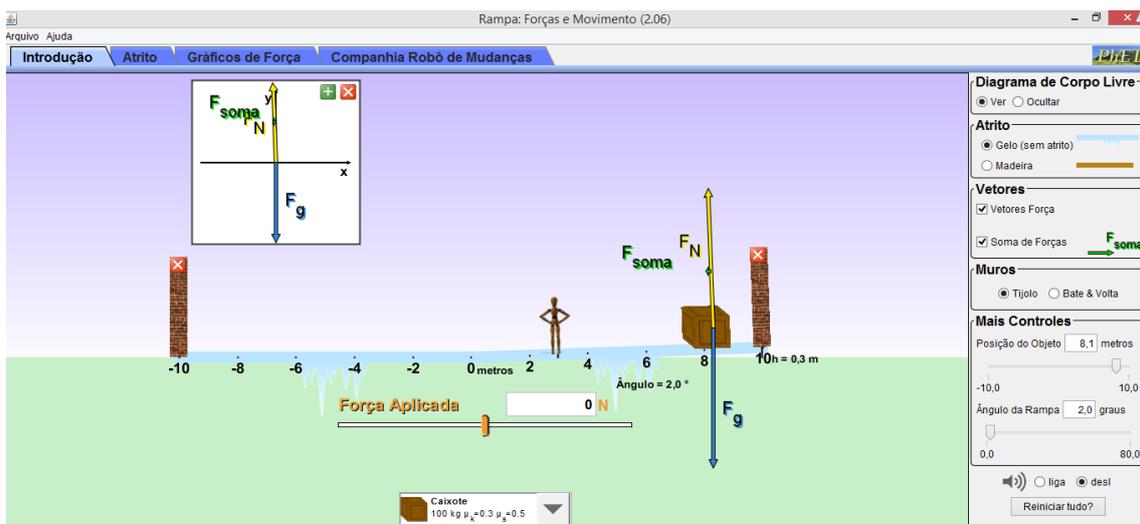


Figura 3.7: Aceleração mesmo com inclinações pequenas (<https://phet.colorado.edu>).

Evidencie que embora o ângulo seja muito pequeno, sempre vai haver aceleração pois não temos atrito.

Por último podemos criar uma situação em que o boneco está empurrando a caixa no plano, Figura 3.8. Antes de iniciar a subida o somatório de forças tem resultante para frente, movimento acelerado.

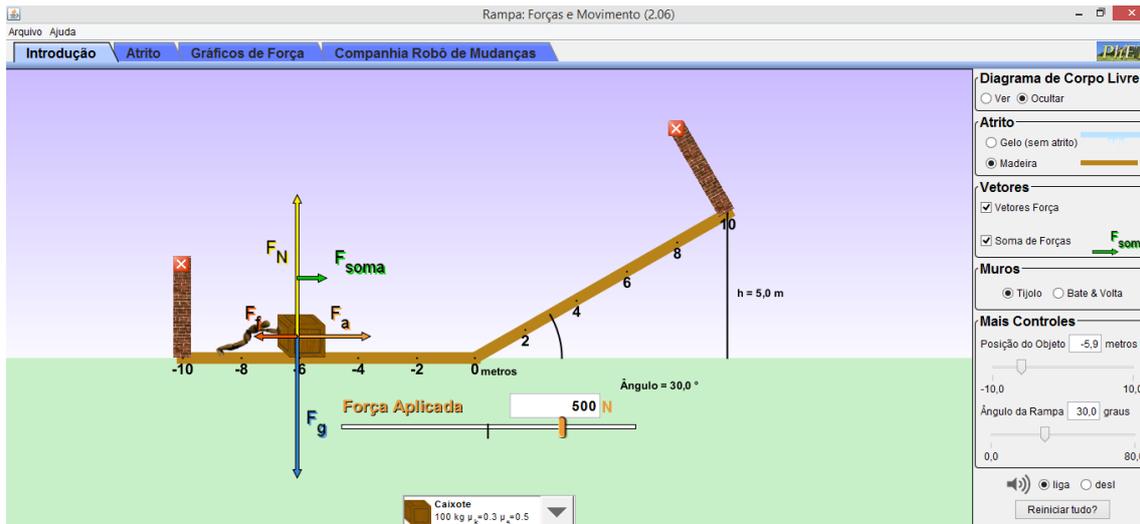


Figura 3.8: No plano somatório positivo, Normal e peso na mesma direção e sentidos opostos (<https://phet.colorado.edu>).

Ao iniciar a subida da rampa, o somatório muda de sentido e aponta para trás, parando ou seja desacelerando o caixote, como podemos ver na Figura 3.9, que indica uma desaceleração.

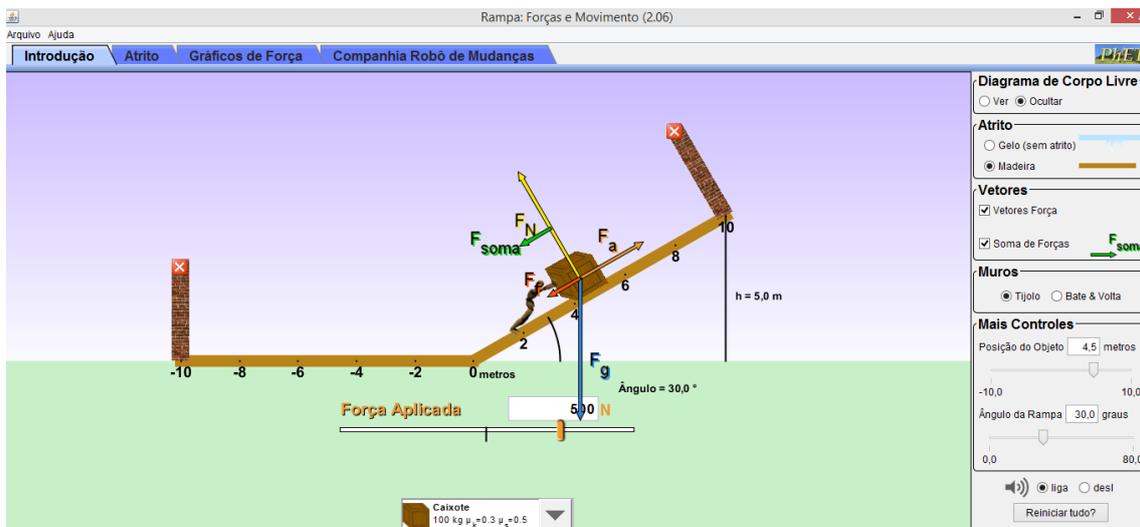


Figura 3.9: No plano inclinado somatório Negativo, decomposição de força aponta contrária ao movimento (<https://phet.colorado.edu>).

Como comentamos no início do tema plano inclinado não vamos aprofundar muito neste conteúdo, a ideia é que o aluno possa associar o fato de que quanto mais inclinada for a rampa menor será a força normal e por consequência menor será a força de atrito no sentido de escorregar rampa a baixo.

Referências Bibliográficas

[Delizoicov, 1991] Demétrio Delizoicov, Conhecimento, tensões e transições, Tese de Doutorado, USP, 1919.

[G1.globo, 2016] Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/PlanetaBizarro/html>. Acesso janeiro de 2016.

[Máximo, 2010] Antonio Máximo e Beatriz Alvarenga, Física no Ensino Médio, volume 1, 1ª ed. Editora Scipione. São Paulo, 2012.

[opf.pro, 2016] Disponível em: http://www.opf.pro.br/arquivos/premiados/2009_EM.pdf. Acesso em fevereiro de 2016.

[OBFEP, 2014] Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/~obfep/wp-content/uploads/2015/02/OBFEP2014_prova_F1_NivelB.pdf. Acesso em fevereiro de 2016.

[OBFEP, 2013] Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/~obfep/wp-content/uploads/2013/08/provas_primeira_fase/OBFEP2013_NivelB_F_PROVA_Ag.pdf. Acesso fevereiro de 2016.

[Portal do Transito, 2016] Disponível em: <http://portaldotransito.com.br/noticias/a-importancia-do-encosto-de-cabeca-nos-veiculos/>. Acesso em abril de 2016.

[PhET, 2016] Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em abril de 2016.

[Tribuna da Bahia, 2016] Fonte: <http://www.tribunadabahia.com.br/2015/06/26/cinto-de-seguranca-diminui-em-ate-75-risco-de-mortes-em-acidentes>. Acesso em abril de 2016.

[Young, 2003] Hugh D. Young e Roger A. Freedman, Física I Mecânica, 10ª ed. Pearson Addison Wesley. São Paulo, 2003.