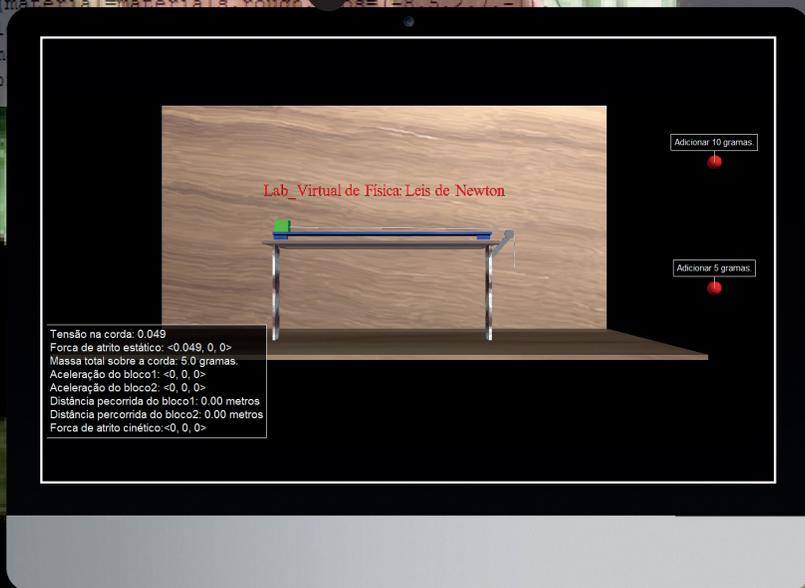


ELIANE FRANÇA DE SOUSA
LINDEVAL FERNANDES DE LIMA
ROBERTO FERREIRA DOS SANTOS

Aprendizagem das Leis de Newton por Meio de Simulação na Linguagem Computacional Python



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UFRR



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

APRESENTAÇÃO

A ideia do projeto de utilizar Simulações das Leis de Newton surgiu da observação no ensino aprendizagem em sala de aula, nos quais os alunos não conseguem assimilar e aplicá-las, bem como, é um conteúdo bastante explorado nos vestibulares.

A utilização de simulações é importante por que evita desperdícios de materiais e em muitos casos, não necessita de um espaço físico para realização de atividades experimentais, podendo estas, de posse de um computador, serem feitas dentro da própria sala de aula.

O projeto tem como principal objetivo analisar a aprendizagem das Leis de Newton pelos estudantes de 1º ano do Ensino Médio, associado ao uso de simulações na linguagem computacional Python, como metodologia de ensino.

Nesse sentido, o referencial teórico sugerido é o de aprendizagem significativa, de David Ausubel, que orienta quanto ao aprimoramento do conhecimento que o aprendiz já carrega consigo.

Este manual facilitará o desenvolvimento dessa prática de ensino na disciplina de Física, com a finalidade de possibilitar uma aprendizagem que permitirá o aluno analisar e interpretar os resultados, à luz de seus conhecimentos prévios e expectativas.

Professora Eliane França.

Sumário

INTRODUÇÃO	7
1.1 Mecânica Newtoniana.....	9
1.2 Definindo Força e Massa	10
1.3 Algumas forças Especiais	14
1.3.1 Força Gravitacional.....	14
1.3.2 Força Peso	14
1.3.3 Força Normal.....	15
1.3.4 Força de Atrito.....	16
1.3.5 Força de Tração	17
1.4 Aplicando as Leis de Newton.....	19
PLANO DE AULA.....	23
Anexo A	26
QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO.....	26
Anexo B.....	30
QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	30
Avaliação pré/pós simulação.....	30
Anexo C	33
Tutorial para utilização da simulação Lab_Virtual: Leis de Newton.....	33
Por que aprender a programar?	33
Material necessário.....	33
Por que o Python?	34
Abrindo e fechando o interpretador	34
Executando programas no IDLE	35
Anexo D	37
Mapa conceitual de como poderia ser trabalhado os conteúdos das Leis de Newton.	37
Anexo E.....	38
Mapa conceitual da metodologia para criação, construção e aplicação da simulação.....	38
Anexo F.....	39
Código da Simulação utilizada	39

INTRODUÇÃO

Quando se vê um bebê estabelecendo suas primeiras relações com o mundo, fica fácil entender que viver se configura num eterno processo de superação pessoal. Nesse sentido, o ensino de Física deve ser pensado como integrante de um saber científico a ser transmitido no contexto definido pelo interesse dos alunos e da sociedade/comunidade onde vivem e de acordo com as condições da escola.

Ao analisar um fenômeno físico, parte-se do pressuposto de que é possível aplicar a ele todas as leis, princípios, métodos experimentais e computacionais e demais técnicas científicas disponíveis. No caso, da simulação utilizada neste projeto baseou-se nas leis da Física que envolvem todos os três princípios da Mecânica, conhecidos como leis de Newton, assim como, as forças aplicadas. Compreendê-las, auxiliará na simulação.

1.1 Mecânica Newtoniana

Historicamente, os temas relacionados à Física Geral I, por exemplo, Cinemática e Dinâmica, apesar de aparentemente simples, têm sido discutidos profundamente por envolver questões conceituais e filosóficas complicadas, relativo aos referenciais adotados e empregados para a sua definição. A discussão do movimento retilíneo, como um exemplo prático, apenas faz sentido se tratado dentro de um contexto global, denominado de leis de Newton. Assim, de acordo com Newton em seu livro Principia (2002 - traduzido),

Todo o corpo permanece no seu estado de repouso, ou de movimento uniforme retilíneo, a não ser que seja compelido a mudar esse estado devido à ação de forças aplicadas.

Esta é a primeira lei de Newton, datada do século XVII e baseia-se em um conjunto de oito definições prévias que incidem fundamentalmente sobre os conceitos utilizados para elaboração desta e das duas outras leis do movimento. Nas oito definições, Newton introduziu termos ou expressões como: quantidade de matéria ou massa; quantidade de movimento; inércia ou força de inatividade; força aplicada; força centrípeta. Por exemplo, quando há um aumento da velocidade do automóvel, quando é apertado o pedal do acelerador, quando o carro desce uma rampa ou é empurrado, a força atua no sentido do movimento. Se não existir esta força, não haverá acréscimo da velocidade. Analogamente, pensava-se que um corpo estava no seu “estado natural” quando ele estava em repouso.

Tanto para iniciar ou aumentar como para diminuir ou parar um movimento, precisa-se de uma força. Isto é uma afirmação geral sobre a Inércia de objetos “simples” como uma pedra ou sistemas “complexos” como um carro.

Se fosse possível eliminar a força de atrito em todos os casos de freada analisados, a velocidade e, portanto, a quantidade de movimento dos objetos se conservaria, quer dizer, o intervalo de tempo para parar se tornaria infinito. “A quantidade de movimento de um objeto ou sistema se conserva, se a resultante das forças que nele atuam for zero”.

A primeira lei de Newton não se aplica a todos os referenciais, mas pode-se sempre encontrar referenciais nos quais essa lei (na verdade, toda a mecânica newtoniana) é verdadeira. Esses referenciais são chamados de **referenciais inerciais**¹.

¹ É um referencial para o qual as leis de Newton são válidas.

1.2 Definindo Força e Massa

Definindo a unidade de força pode-se dizer que ela pode causar a aceleração de um corpo. De maneira geral, a interação entre quaisquer corpos pode ser descrita por meio da noção de força. Nessa interação, os corpos atuam um no outro, provocando o surgimento de pares de forças, de tal forma que cada força age em um corpo.

A força é o agente causador de alterações no estado de repouso ou de movimento dos corpos.

Assim, definindo a unidade de força em termos da aceleração que uma força imprime a um corpo de referência, que se tomou como sendo o quilograma-padrão (Figura 1). A esse corpo foi atribuída, exatamente e por definição uma massa de 1 kg.



Figura 1 - O quilograma-padrão internacional de massa.

Fonte: Halliday & Resnick, 2015.

Colocando-se o corpo-padrão sobre uma mesa horizontal sem atrito e o puxando para a direita (Figura 3) até que, por tentativa e erro, adquira uma aceleração de 1 m/s^2 . Declara-se então, a título de definição, que a força que se estar exercendo sobre o corpo-padrão tem um módulo de 1 newton (1N).

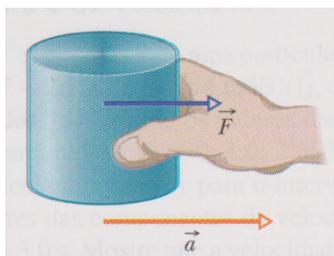


Figura 2 - Força aplicada ao quilograma-padrão

Fonte: Halliday & Resnick, 2015

Uma força é medida, portanto, pela aceleração que produz. Entretanto, a aceleração é uma grandeza vetorial, pois possui módulo e uma orientação. A força também é uma grandeza vetorial? Pode-se facilmente atribuir uma orientação a uma força (basta atribuir-lhe a orientação da aceleração).

Isso significa que, quando duas ou mais forças atuam sobre um corpo, podemos calcular a **força total**, ou **força resultante**, somando vetorialmente as forças. Uma única força com o módulo e a orientação da força resultante tem o mesmo efeito sobre um corpo que todas as forças agindo simultaneamente. Este fato é chamado de **princípio de superposição para forças**.

Então um enunciado mais rigoroso da primeira Lei de Newton, baseia-se na ideia de força resultante, que é o seguinte:

Se nenhuma força resultante atua sobre o corpo ($\vec{F}_{res} = 0$), a velocidade não pode mudar, ou seja, o corpo não pode sofrer uma aceleração.

Isso significa que mesmo que um corpo esteja submetido a várias forças, se a resultante dessas forças for zero, o corpo não sofrerá uma aceleração.

A experiência diz que dada força produz acelerações de módulos diferentes em corpos diferentes. Coloque no chão uma bola de futebol e uma bola de boliche e chute as duas. Mesmo que você não faça isso de verdade, sabe qual será o resultado: a bola de futebol receberá uma aceleração muito maior que a bola de boliche. As duas acelerações são diferentes porque a massa da bola de futebol é diferente da massa da bola de boliche; mas o que, exatamente, é a massa?

Pode-se explicar como medir a massa imaginando uma série de experimentos em um referencial inercial. Nos experimentos indicam que massa é uma propriedade *intrínseca* de um corpo, ou seja, uma característica que resulta automaticamente da existência do corpo. Indicam também que a massa é uma grandeza escalar. Contudo, uma pergunta intrigante permanece sem resposta: o que, exatamente, é massa?

Como a palavra *massa* é usada na vida cotidiana, deve-se ter noção intuitiva de massa, talvez algo que possa sentir fisicamente. Pode-se apenas dizer que *a massa de um corpo é a propriedade que relaciona uma força que age sobre o corpo à aceleração resultante*. A massa não tem uma definição mais coloquial; pode-se ter uma sensação física da massa apenas quando tentar acelerar um corpo, como ao chutar uma bola de futebol ou uma bola de boliche.

A segunda lei estabelece que,

A variação da quantidade de movimento é proporcional à força motriz aplicada; e dá-se na direção da reta segundo a qual a força está aplicada.

Matematicamente, escrevemos que,

$$\Delta \vec{Q} = \vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v} \quad (1)$$

A partir do desenvolvimento da segunda igualdade da expressão acima, podemos compreender que,

$$\Delta \vec{Q} = \vec{F} \cdot \Delta t \quad (2)$$

Equivale a,

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (3)$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (4)$$

Em unidades do SI, a Eq. (4) nos diz que

$$1N = (1kg) \left(1 \frac{m}{s^2}\right) = 1kg \cdot \frac{m}{s^2} \quad (5)$$

Que é a expressão “mais conhecida” que corresponde à 2ª Lei de Newton. Vale lembrar que ele a enunciou da forma como nós o fizemos anteriormente.

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{Q}}{\Delta t} \quad (6)$$

Ou seja, “A força é a variação da quantidade de movimento por unidade de tempo”.

Muitas vezes, para resolver problemas que envolvem a segunda lei de Newton, desenhamos um **diagrama de corpo livre** no qual o único corpo mostrado é aquele para o qual estamos somando as forças. Além disso, as forças que agem sobre o corpo são representadas por setas com origem no centro de massa do corpo. Um sistema de coordenadas é normalmente incluído e a aceleração do corpo é algumas vezes mostrada através de outra seta (Figura 3).

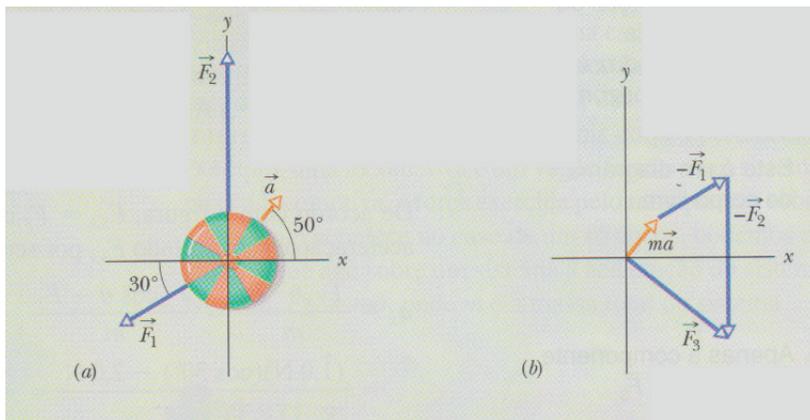


Figura 3 - (a) Vista superior de duas ou três forças que agem sobre um objeto, produzindo uma aceleração \vec{a} . (b) Um arranjo de vetores, para determinar a terceira força \vec{F}_3 .

Fonte: Halliday & Resnick, 2015

1.3 Algumas forças Especiais

1.3.1 Força Gravitacional

A força gravitacional \vec{F}_g exercida sobre um corpo é um tipo especial de atração que um segundo corpo exerce sobre o primeiro. Podemos relacionar essa força à aceleração correspondente através da segunda lei de Newton, $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$.

A situação se torna,

$$F_g = mg \quad (7)$$

Em palavras, o módulo da força gravitacional é igual ao produto mg .

1.3.2 Força Peso

O peso P de um corpo é o módulo da força necessária para impedir que o corpo caia livremente, medida em relação ao solo. Generalizando, considerar-se-á um corpo que tem uma aceleração \vec{a} nula em relação ao solo, considerando-se mais uma vez como referencial inercial. Duas forças atuam sobre o corpo: uma força gravitacional \vec{F}_g , dirigida para baixo, e uma força para cima de módulo P , que a equilibra (Figura 4). Pode-se escrever a segunda lei de Newton para um eixo y vertical, com sentido positivo para cima, na forma

$$F_{res,y} = ma_y \quad (8)$$

Esta equação se torna

$$P - F_g = m(0) \text{ ou } P = F_g \quad (9)$$

O peso P de um corpo é igual ao módulo F_g da força gravitacional que age sobre o corpo (supondo que o solo é um referencial inercial).

Substituindo por mg , obtém-se a equação

$$P = mg \quad (10)$$

Que relaciona o peso à massa do corpo.

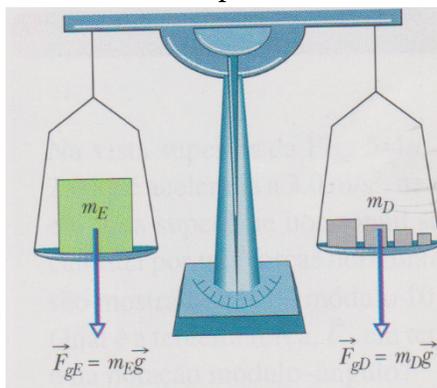


Figura 4 - Balança de braços iguais equilibrada

Fonte: Halliday & Resnick, 2015

1.3.3 Força Normal

Quando um corpo exerce uma força sobre uma superfície, a superfície (ainda que aparentemente rígida) se deforma e empurra o corpo com uma força normal \vec{F}_N que é perpendicular à superfície (Figura 5).

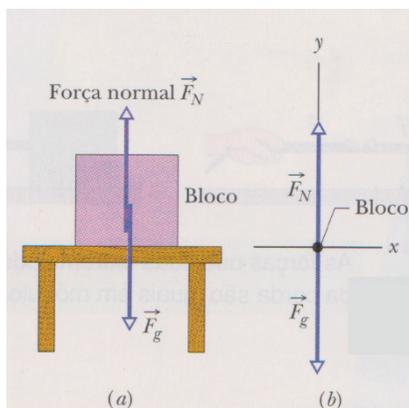


Figura 5 - (a) Bloco que repousa sobre a mesa experimenta uma força normal. (b) Diagrama de corpo livre do bloco

Fonte: Halliday & Resnick, 2015

1.3.4 Força de Atrito

As forças de atrito são inevitáveis na vida diária. Se não fôssemos capazes de vencê-las, fariam parar todos os objetos que estivessem se movendo e todos os eixos que estivessem girando. Essa força impõe uma resistência, é paralela à superfície e aponta no sentido oposto ao do movimento ou tendência ao movimento. Ela se apresenta de duas maneiras:

A força \vec{f}_s é chamada de força de atrito estático, é diretamente proporcional à intensidade da força \vec{F}_N , normal às superfícies de contato de dois corpos. E a força \vec{f}_k é chamada de força de atrito cinético, que executa o movimento quando a força aplicada atinge uma certa intensidade vencendo a força de atrito estático. Com o movimento do corpo, a força de atrito assume a intensidade praticamente constante e ligeiramente menor que a $\vec{F}_{at(máx)}$ (Figura 6).

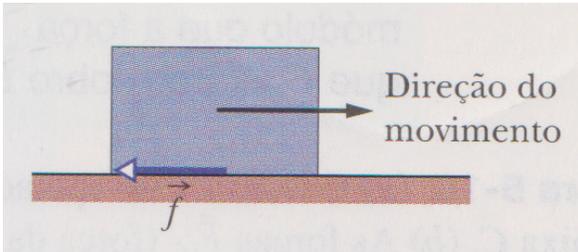


Figura 6- Uma força de atrito f se opõe ao movimento de um corpo sobre uma superfície.

Fonte: Halliday & Resnick, 2015

Em geral, a intensidade da força de atrito cinético, que age sobre os objetos em movimento, é menor do que a intensidade máxima da força de atrito estático, que age sobre os objetos em repouso.

Propriedades do Atrito

A experiência mostra que, quando um corpo seco não lubrificado pressiona uma superfície nas mesmas condições e uma força tenta fazer o corpo deslizar ao

longo da superfície, a força de atrito resultante possui três propriedades:

Propriedade 1: Se o corpo não se move, a força de atrito estático \vec{f}_s e a componente de \vec{F} paralela à superfície se equilibram. As duas forças têm módulos iguais e \vec{f}_s têm o sentido oposto ao da componente de \vec{F} .

Propriedade 2: O módulo de \vec{f}_s possui um valor máximo $\vec{f}_{s,máx}$ que é dado por

$$\vec{f}_{s,máx} = \mu_s F_N \quad (11)$$

Onde μ_s é o coeficiente de atrito estático e F_N é o módulo da força normal que a superfície exerce sobre o corpo. Se o módulo da componente de \vec{F} paralela à superfície excede $\vec{f}_{s,máx}$, o corpo começa a deslizar sobre a superfície.

Propriedade 3: Se o corpo começa a deslizar sobre a superfície, o módulo da força de atrito diminui rapidamente para o valor de dado por

$$\vec{f}_k = \mu_k F_N \quad (12)$$

Onde μ_k é o coeficiente de atrito cinético.

1.3.5 Força de Tração

Quando uma corda (ou um fio, cabo ou outro objeto do mesmo tipo) é presa a um corpo e esticada, aplica ao corpo uma força \vec{T} orientada ao longo da corda. Essa força é chamada de força de tração porque a corda está sendo tracionada. A tensão na corda é o módulo de T da força exercida sobre o corpo (Figura 7).

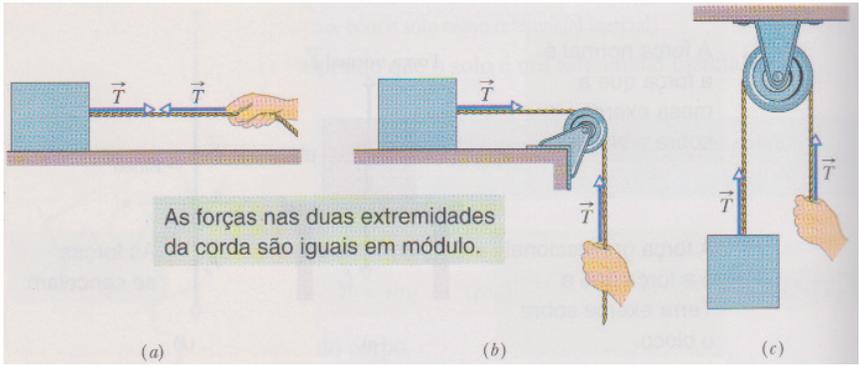


Figura 7 - (a) Corda esticada está sob tensão. Se a massa da corda é desprezível, a corda puxa o corpo e a mão com uma força T , mesmo que passe por uma polia sem massa e sem atrito, como em (b) e (c).

Fonte: Halliday & Resnick, 2015

De acordo com Newton, a terceira lei nos diz que,

“A toda ação sempre se opõe uma reação igual; ou, as ações mútuas de dois corpos são sempre iguais e dirigidas às partes contrárias (Figura 8)”.

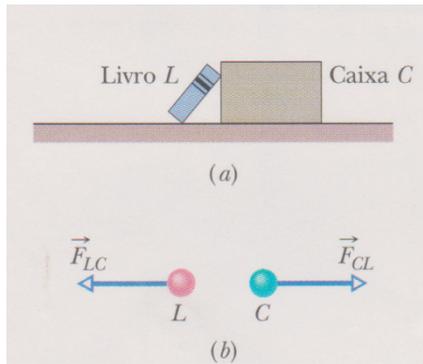


Figura 8 - (a) O livro L está apoiado na caixa C . (b) A força da caixa sobre o livro e a força do livro sobre a caixa têm mesmo módulo e sentidos opostos.

Fonte: Halliday & Resnick, 2015

1.4 Aplicando as Leis de Newton

Uma das aplicações das leis de Newton é no plano horizontal, com um bloco deslizando e outro pendente, o que se assemelha em partes com a simulação virtual criada nesta dissertação. Nesta aplicação desconsidera-se o atrito.

A Figura 9 mostra um bloco D (o bloco deslizando) de massa M . O bloco está livre para se mover ao longo de uma superfície horizontal sem atrito e está ligado, por uma corda que passa por uma polia sem atrito, a um segundo bloco P (o bloco pendente), de massa m . As massas da corda e da polia podem ser desprezadas em comparação com as massas dos blocos. Enquanto o bloco pendente P desce, o bloco deslizando D acelera para a direita.

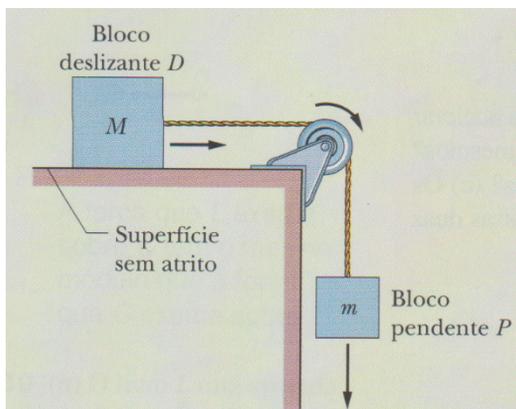


Figura 9 - Um bloco D de massa M está conectado a um bloco P de massa m por uma corda que passa por uma polia

Fonte: Halliday & Resnick, 2015

Este problema trata de dois corpos, onde deve-se observar as forças que atuam sobre eles (Figura 10). Como se estar supondo que a corda é inextensível, isso significa que os blocos se movem em conjunto e as acelerações dos dois têm o mesmo módulo a .

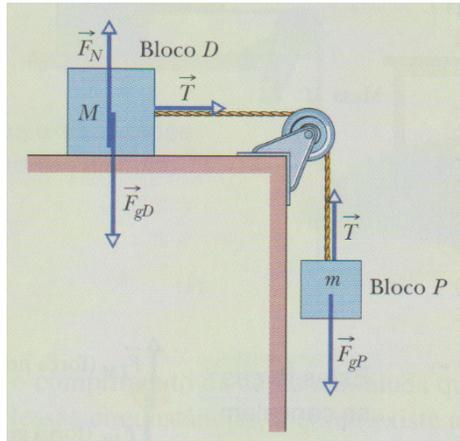


Figura 10 - As forças que agem sobre os dois blocos da figura 10.

Fonte: Halliday & Resnick, 2015

O fato de que as grandezas envolvidas são forças, massas e acelerações sugere que a lei de Newton do movimento, $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ é a ideia chave inicial. Aplicando a segunda lei de Newton separadamente à cada bloco é a segunda ideia chave (Figura 11). Depois verificando os resultados para ver se fazem sentido é a última ideia chave, então, pode-se dizer que está concluído.

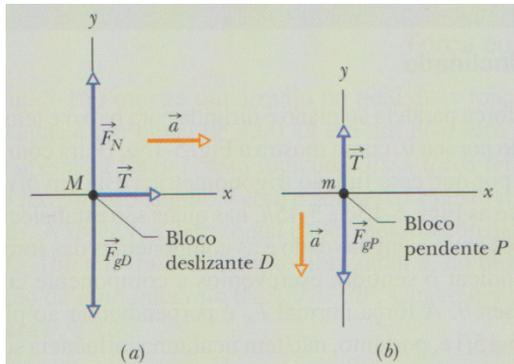


Figura 11 - (a) Diagrama de corpo livre do bloco D da figura 10. (b) Diagrama de corpo livre do bloco P da figura 10.

Fonte: Halliday & Resnick, 2015

Da análise das três leis, vê-se uma relação entre termos, ou grandezas, tais como: movimento uniforme retilíneo, variação da quantidade de movimento, indicando a mudança de velocidade, força aplicada, ação e reação. Daí ao definir, por exemplo, a primeira lei, Newton deparou-se com um problema ainda mais sério que aquele de definir os conceitos de repouso ou de movimento. O que se remete a concluir que um corpo está em repouso ou movimento em relação a alguma coisa, quando definido com clareza os referenciais adotados. O comentário de Newton a esta definição termina do seguinte modo:

“(...) movimento e repouso, tal como são vulgarmente entendidos, só se podem distinguir de uma forma relativa, nem estão verdadeiramente em repouso os corpos que comumente são tidos como tal”.

A noção relativa de movimento, bem como o repouso entendido como um estado particular do movimento, deve ser referenciada a algum lugar ou a alguma coisa.

O local ou alguma coisa terá características imutáveis ou imóveis. Na verdade, não se conhece nenhuma estrutura, astro, ou um corpo que atenda a estas condições. Assim, uma indagação poderá ser levantada: será que não existe um sistema qualquer em relação ao qual todos os outros se movem? De acordo com Newton,

“Num raciocínio filosófico temos obrigação de nos abstrairmos dos nossos sentidos, e considerar as coisas em si, distintas das suas medidas”.

Ou seja, em última análise existirá um espaço absoluto imóvel que corresponde ao sistema de eixos absolutos e não está ao nosso alcance, baseados no conhecimento limitado de uma região do espaço.

Os sistemas de eixos empregados como os eixos de referência não são fixos ou únicos para cada fenômeno observado. Utiliza-se, então um critério individual ou uma definição que facilite a obtenção do modelo representativo do fenômeno. Exige-se, portanto, uma intuição física para criar mentalmente este sistema que melhor se adapte à realidade observada (quando é possível) e melhor mapeie o fenômeno em suas considerações numéricas. É evidente que o foco nos conceitos que aparecem nas leis de Newton não está dissociado de outras grandezas como momento linear e energia. Isto está claro, visto que a relação entre força e quantidade de movimento linear é a própria segunda lei de Newton, enquanto a energia cinética pode ser escrita como o quadrado da quantidade de movimento linear dividido pelo dobro da massa. As grandezas são avaliadas dentro de um contexto denominado de referenciais inerciais, assim, observadores diferentes medirão o mesmo valor para a aceleração de um determinado móvel e em conseqüência o

mesmo valor de força para uma massa constante. Para referenciais não-inerciais, as forças são fictícias, pois contrariam a primeira e terceira lei, no entanto, ainda aplicamos a segunda lei para a solução do problema. Apresenta-se aqui mais um complicador: a introdução de movimento de rotação. As grandezas aceleração e força apresentam agora valores relativos a interpretação de cada um dos observadores: um fixo e um móvel.

Notadamente a ausência de uma força de reação é verificada. A formulação original da segunda lei de Newton indicando que a força é uma grandeza proporcional à variação da quantidade de movimento é válida, inclusive, para sistemas com massa variável, quando a mesma é adicionada ao sistema do repouso. Para velocidades muito altas ou relativísticas, em que a massa depende da velocidade, são observados desvios à formulação original da segunda lei. A idéia mais geral, a relatividade, implica em reflexões ainda mais profundas, tais como: o tempo e o espaço são conceitos relativos. Isto é contrário aos conceitos newtonianos, que admite um caráter absoluto para estas grandezas.

Neste novo patamar teórico, em que se reproduz a mecânica newtoniana em baixas velocidades, exige ainda mais da capacidade de raciocinar por não se referir a questões do senso comum. Em se tratando de observações do cotidiano, onde as velocidades são baixas e a variação de massa é desprezível, ainda assim, a interpretação dos fenômenos a luz da mecânica clássica dá margens a geração de erros conceituais. Para o senso comum, facilmente pode ser questionada a validade da primeira lei, onde dizemos que a velocidade de um móvel é constante na ausência de força resultante. Para a segunda lei, acredita-se que a força resultante é proporcional a velocidade e não a aceleração, contrariando a análise teórico-experimental aceita cientificamente. A terceira lei é constantemente mal interpretada por admitirem a existência de forças de ação e reação atuando em um mesmo objeto.

A base conceitual e mental empregada para a elaboração das leis de Newton é complexa. Assim sendo, também apresenta dificuldades os respectivos assuntos que dependem destas leis, exigindo-se uma estrutura de comportamento criador, implicando realizar novas combinações.

A simples visualização de experimentos reais realizados em laboratório, muitas vezes é difícil por ocorrerem muito rápido, tempos curtos, e algumas vezes fora da percepção humana, da audição, visão, etc. Devido a nossa limitada capacidade sensorial, necessitou-se de auxílio de algum instrumento de medição mais sofisticado. O uso de simulação para mimetizar os fenômenos pode resolver este tipo de dificuldade.

PLANO DE AULA

Título da aula:

Leis de Newton e sua aplicação no plano horizontal

Objetivo:

Compreender as Leis de Newton e suas aplicações no plano horizontal.

Objetivos Específicos:

- Reconhecer o caráter vetorial da grandeza força;
- Compreender a inércia como uma tendência natural de permanecer em um mesmo estado;
- Diferenciar a grandeza massa da grandeza peso;
- Entender o princípio da ação e reação;
- Identificar algumas forças tais como normal, tração e peso;
- Perceber a força de atrito como uma força resistente ao movimento e diferenciar atrito estático e atrito cinético;
- Reconhecer a força de atrito como um dos agentes responsáveis pelo equilíbrio;
- Resolver problemas que contenham corpos em situações de equilíbrio estático e cinético;
- Estabelecer a equação fundamental da dinâmica a partir da compreensão da 2ª Lei de Newton;
- Reconhecer as situações em que a força resultante provoca aceleração;
- Identificar as máquinas simples e reconhecê-las como aplicações das leis da Dinâmica;
- Resolver problemas que envolvam a vantagem em relação ao uso de roldanas.

Conteúdos:

A lei da Inércia, massa e peso, Ação e Reação, força de atiro e outras forças,

corpos acelerados (2ª Lei de Newton), sistemas de corpos acelerados, aplicações das Leis de Newton ao plano horizontal.

Metodologia:

Este projeto fundamenta-se inicialmente no estudo das Leis de Newton, posteriormente em suas aplicações no plano horizontal nas séries iniciais do Ensino Médio dividindo assim o projeto em cinco etapas. Sendo a primeira etapa a aplicação do questionário diagnóstico para identificar os conhecimentos dos alunos relacionados a movimento, enunciados das leis de Newton e forças. A partir desta aula foram elaboradas aulas sobre dinâmica para recapitular e “nivelar” os alunos, além de conhecer os conhecimentos prévios dos mesmos. Neste mesmo questionário são apontadas as expectativas com relação as aulas de Física, e de que forma elas poderiam ser abordadas, se em algum momento fizeram uso de outros ambientes ou recursos tecnológicos. O questionário sugestivo está evidenciado no anexo A. Na segunda etapa foram feitas quatro aulas sobre aplicação das Leis de Newton no plano horizontal, que tem a finalidade de solidificar os conhecimentos prévios e despertar no aluno o desejo por elaborar hipóteses, ideias, respostas a seus questionamentos. Na terceira etapa, será aplicado um questionário (Pré-teste) de acordo com o anexo B, a fim de quantizar os conhecimentos prévios agregados ao novo, pelas aulas adquiridas de forma qualitativa e quantitativa.

Na quarta etapa os alunos são levados ao laboratório de Informática para fazerem o uso da simulação, no primeiro instante visualizam a tela da simulação, e a partir daí, discute-se os componentes que aparecem na tela. No segundo instante os alunos começam a acrescentar massa, por meio de click do mouse, ao corpo suspenso na expectativa de movimentar o bloco deslizante, eles conseguem perceber que os parâmetros mostrados na tela estão variando conforme a adição de massa. Os alunos discutem as possibilidades e mudanças no cenário da simulação.

O feedback imediato da simulação serve para que eles verifiquem se ocorre o que eles realmente esperavam, e confrontem este resultado com as suas concepções prévias.

A quinta etapa e último momento, consiste na resolução, novamente, do exercício da terceira aula, e o objetivo é verificar se a simulação contribui para o aprendizado significativo das leis de Newton aplicadas ao plano horizontal.

Recursos Pedagógicos:

Data-show, quadro branco, pincel, laboratório de informática.

Recursos Tecnológicos:

programa Python e VPython e arquivo da simulação a ser utilizada.

Observações:

O programa Python pode ser baixado no site python.org e o programa VPython no site VPython.org.

Mas junto a este manual irá um cd, contendo o arquivo dos programas, bem como, da simulação Lab_Virtual: Leis de Newton.

Cronograma:

Questionário Diagnóstico	Uma aula de 1 hora.
Aulas sobre Dinâmica – Aplicações das Leis de Newton no Plano Horizontal.	Quatro aulas de 4 horas.
Levantamento Prévio (Questionário)	Uma aula de 1 hora.
Aplicações das Leis de Newton no Plano Horizontal com simulação em laboratório de informática.	Uma aula de 1 hora.
Questionário pós-teste.	Uma aula de 1 hora.

Anexo A

QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

ESCOLA: _____

SEXO: () Masculino () Feminino IDADE: _____

1. Você já ouviu falar de Isaac Newton?
() sim
() não
2. Você saberia dizer quais os conteúdos abordados em dinâmica, tão falados por Isaac Newton?
() Inércia, Ação e Reação e Princípio Fundamental da Dinâmica
() Lei de ampère
() Lei de ohm
3. Como são ministradas as aulas de Dinâmica (Leis de Newton) na sua escola:
() ótimas
() boas
() regulares
4. Qual sua dificuldade no conteúdo relacionado as Leis de Newton:
() não dominar os conteúdos
() não saber aplicar o conteúdo do dia a dia as formulas
() não conseguir relacionar o conteúdo com seu cotidiano
() não entender o conteúdo
5. Como você avalia o conteúdo de Leis de Newton:
() fácil
() médio
() difícil

6. Você se sente motivado com o método usado pelo professor nas aulas de Leis de Newton?
- sim
 - não
 - as vezes
7. Na sua opinião que aspecto positivo poderia ser evidenciado nas aulas de Leis de Newton:
- a forma em que o conteúdo é abordado
 - a interação entre professor-aluno
 - contextualização do conteúdo com o cotidiano
8. Você busca novos meios para entender o conteúdo de Leis de Newton ou se prende apenas as aulas ministradas pelo professor?
- sim
 - não
 - as vezes
9. Você utiliza o computador para estudar?
- sim
 - não
 - as vezes
10. E a sua escola dispõe de um laboratório de informática?
- Sim
 - Não
11. Você já utilizou na sua escola o laboratório de informática?
- sim
 - não

12. Você já utilizou o laboratório de informática de sua escola para realizar um experimento virtual das leis de newton (simulação)?
- sim
- não
13. O laboratório dispõe de computadores suficientes para a aplicação de aulas com simulação virtual?
- Sim
- Não
14. No seu entendimento, qual a contribuição do laboratório de informática no processo de ensino aprendizagem do conteúdo de Leis de Newton?
- ótimo
- bom
- regular
15. A metodologia proposta pela escola, contempla a utilização do laboratório de informática na aplicação dos conteúdos de física?
- Sim
- Não
16. O professor aplica aulas no laboratório de informática como metodologia para auxiliar o entendimento do conteúdo de Leis de Newton?
- sim
- não
- as vezes
17. A aplicação da aula no laboratório de informática como auxílio metodológico no conteúdo de Leis de Newton favorece o entendimento desse conteúdo?
- sim
- não
- as vezes

18. O livro didático adotado em sua escola, menciona o laboratório de informática como ferramenta pedagógica na abordagem do conteúdo de Leis de Newton:
- Sim
 - Não
19. Quando o professor faz a abordagem do conteúdo das leis de newton através dos conceitos e/ou utilizando simulação no laboratório de informática, qual metodologia apresentou maior eficácia para você?
- teórica (conceitual)
 - tecnológica (prática)

Anexo B

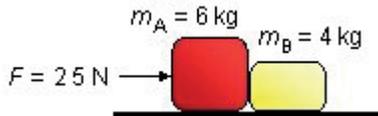
QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

ALUNO: _____ nº _____ Turma _____

Professor (a): _____

Avaliação pré/pós simulação

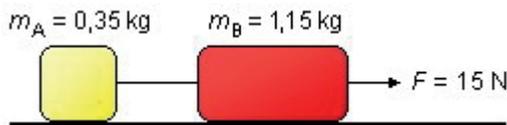
- Um corpo de massa 4,0 kg encontra-se inicialmente em repouso e é submetido a ação de uma força cuja intensidade é igual a 60 N. Assinale a alternativa que indique o valor da aceleração adquirida pelo corpo:
 - 20 m/s²
 - 12 m/s²
 - 15 m/s²
 - 16 m/s²
 - 10 m/s²
- Dois corpos de massas $m_A = 6$ kg e $m_B = 4$ kg estão sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa. Uma força horizontal de intensidade constante igual a 25 N é aplicada de forma a empurrar os dois corpos. Calcule a aceleração adquirida pelo conjunto e a intensidade da força de contato entre os corpos.



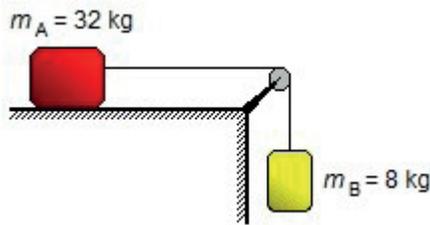
- (UFCE) O bloco mostrado na figura está em repouso sob a ação da força horizontal F_1 , de módulo igual a 10 N, e da força de atrito entre o bloco e a superfície. Se uma outra força horizontal F_2 , de módulo igual a 2 N e sentido contrário, for aplicada ao bloco, a força resultante sobre o mesmo será:



- a) nula
 b) 2 N
 c) 8 N
 d) 10 N
 e) 12 N
4. (FUND. CARLOS CHAGAS) Uma folha de papel está sobre a mesa do professor. Sobre ela está um apagador. Dando-se, com violência, um puxão horizontal na folha de papel, está se movimenta e o apagador fica sobre a mesa. Uma explicação aceitável para a ocorrência é:
- a) nenhuma força atuou sobre o apagador;
 b) a resistência do ar impediu o movimento do apagador;
 c) a força de atrito entre o apagador e o papel só atua em movimentos lentos;
 d) a força de atrito entre o papel e a mesa é muito intensa;
 e) a força de atrito entre o apagador e o papel provoca, no apagador, uma aceleração muito inferior à da folha de papel.
5. Dois blocos de massas $m_A = 0,35 \text{ kg}$ e $m_B = 1,15 \text{ kg}$ estão sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa, os blocos estão ligados por um fio ideal. Uma força horizontal de intensidade constante igual a 15 N é aplicada puxando os dois blocos. Calcule a aceleração adquirida pelo conjunto e a tensão no fio que liga os blocos.



6. No sistema da figura ao lado, o corpo A desliza sobre um plano horizontal sem atrito, arrastado por B que desce segundo a vertical. A e B estão presos entre si por um fio inextensível, paralelo ao plano, e que passa pela polia. Desprezam-se as massas do fio e da polia e os atritos na polia e no plano. As massas de A e B valem respectivamente 32 kg e 8 kg. Determinar a aceleração do conjunto e a intensidade da força de tração no fio. Adotar $g = 10 \text{ m/s}^2$.



Anexo C

Tutorial para utilização da simulação Lab_Virtual: Leis de Newton.

Aprenda a fazer uso da simulação Lab_Virtual de Física: Leis de Newton

Por Luciano Ramalho, complementos de Eliane França de Sousa.

Por que aprender a programar?

A razão fundamental, que motivou a produzir este tutorial, é uma só: programar é divertido. É claro que nem todo mundo vai concordar com isso, assim como muita gente não acha graça nenhuma em jogar xadrez ou explorar cavernas. Ao contrário do xadrez e da espeleologia, a programação também é uma habilidade que tem forte demanda no mercado de trabalho. Mas a dura realidade é que somente com centenas ou milhares de horas de experiência programando é que você estará apto a incluir essa disciplina em seu currículo e se dar bem em uma entrevista de emprego. Portanto o objetivo aqui é bem mais modesto do que transformar você em um programador profissional. O que se está oferecendo é uma introdução suave a esse tópico fascinante. Ao final, espera-se que você descubra se tem a vocação e a motivação necessárias para criar softwares, como hobby ou profissão. Antes de começar, apenas um aviso: o prazer de construir um programa pode causar dependência psicológica. Não é apenas por dinheiro que programadores do mundo inteiro varam noites escrevendo código.

Material necessário

Para acompanhar esse tutorial você precisará de um computador qualquer onde tenha instalado um interpretador da linguagem Python. Na página <http://www.python.org/download/> você encontra links para baixar o interpretador ade-

quado para o seu computador. No caso do Windows, o download da versão atual tem cerca de 5MB. Se você usa Linux, existe uma alta probabilidade de já ter o interpretador instalado. Experimente digitar “python” no seu shell.

Por que o Python?

Python nos oferece uma sintaxe simples, mas ao mesmo tempo suporta a maior parte das características importantes de linguagens modernas e amplamente utilizadas como Java, C++, Perl e VBScript. Por esses motivos acredita-se que seja a melhor escolha para quem quer começar a programar hoje.

Abrindo e fechando o interpretador

A melhor forma de aprender e a programar é usando um interpretador em modo interativo. Dessa forma você pode digitar comandos linha por linha, e observar a cada passo o como o computador interpreta e executa esses comandos. Para fazer isso em Python, há duas maneiras: você pode executar o interpretador em modo texto (chamado “Python (command line)” no Windows), ou usar o IDLE, que é um interpretador baseado em janelas. Se você usa Windows, escolha o IDLE para acompanhar esse tutorial. Seja qual for o interpretador que você escolheu, ao executá-lo você verá uma mensagem com informações de copyright mais ou menos como essa: Python 1.5.2 (#0, Apr 13 1999, 10:51:12) [MSC 32 bit (Intel)] on win32 Copyright 1991-1995 Stichting Mathematisch Centrum, Amsterdam >>> O símbolo “>>>” exibido pelo interpretador é o que os americanos chamam de “prompt”, que alguns traduzem equivocadamente por “aviso”, mas nós vamos chamar de “deixa” (em teatro, o termo “prompt” é a deixa que indica ao ator a hora de dizer ou fazer algo; em computação, o prompt informa o usuário que o sistema está pronto para receber um novo comando). Para sair do interpretador você pode fechar a janela do IDLE, ou teclar [CTRL]+[D] (no IDLE ou no interpretador em UNIX) ou [CTRL]+[Z] (no interpretador DOS).

Executando programas no IDLE

O IDLE inclui um editor de programas simplório, mas útil para quem está aprendendo a linguagem. O editor do IDLE exibe com cores diferentes as palavras da linguagem, de acordo com sua função sintática (lembra da aula de português onde o verbo era verde, o sujeito vermelho etc?). Para abrir o editor, rode o IDLE e acione o comando File > New window. A janela que se abrirá, com o título “untitled”, é um editor.

A princípio você abrirá o programa e verá a seguinte tela.

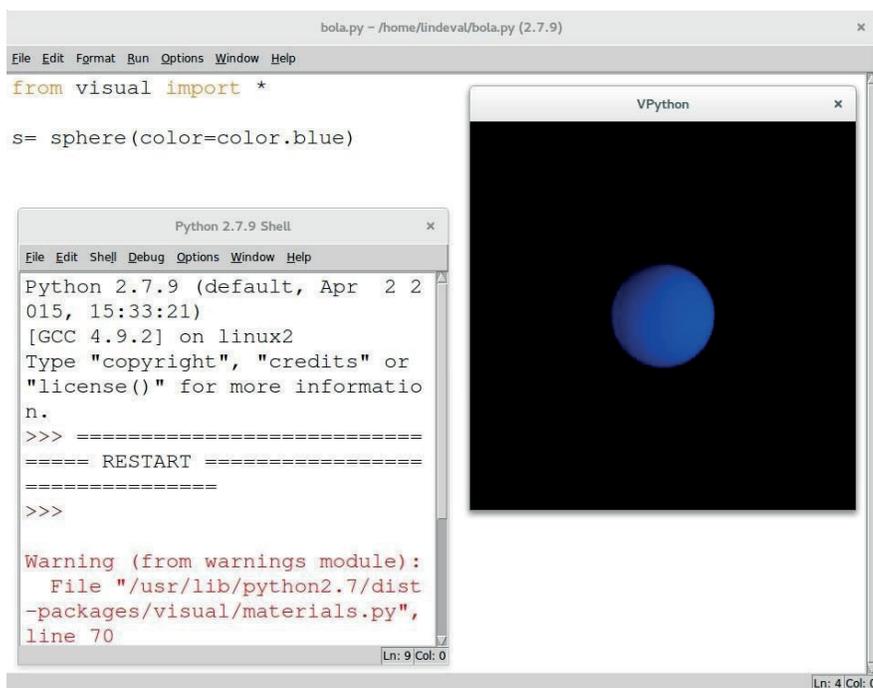


Figura 12 - Interpretador IDLE.

Fonte: A autora, 2016.

Inicie com este comando:

```
from visual import *
```

Com esse comando você estará importando visuais para sua cena. Logo após você digitará os comandos abaixo.

```
scene.width = 1024 #largura da cena
scene.height = 1000 #altura da cena
scene.antialiasing = True
```

Esses comandos determinarão largura, altura da cena. Bem como, dirão que é verdade esta análise.

Após isso você definirá o seu cenário, por exemplo, poderá criar um bloco, usando os seguintes comandos.

```
bloco = box(pos = (-8.5,3.5,-2),length =1, width = 1, height = 1, color=color.green)
```

Veja que você definiu, a posição, altura, largura, comprimento e até a cor de seu bloco. Da mesma forma você procederá para criar outras figuras geométricas.

Uma bola, por exemplo, pode ser criada digitando o seguinte código.

```
bola=sphere(pos=(-5,0,0),color=color.red,radius=0.5)
```

Nesse caso, além da posição, cor, é necessário definir o raio da esfera.

Em seguida define-se as variáveis.

```
dt=2
bola.velocity=vector(5,0,0)
```

E por fim, você definirá o “laço” que causará a repetição de um bloco de equações definidas, ou seja, comandos de interação, que é uma ação recíproca em dois ou mais agentes.

Por exemplo, no caso da bola:

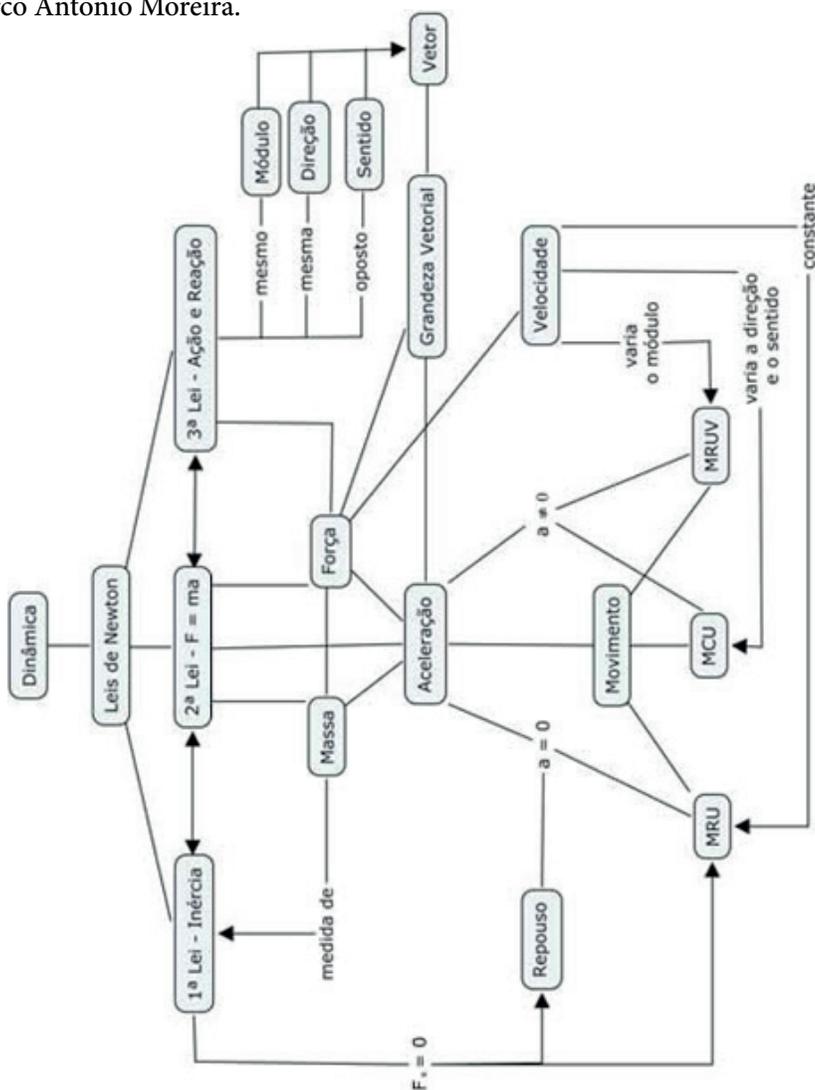
```
while 1==1:
    rate(100)
    bola.pos=bola.pos+bola.velocity*dt
    if bola.x>eliane.x:
        bola.velocity.x=-bola.velocity.x
```

Agora, é só mandar rodar o programa no menu principal em “Run modele F5” ou apenas F5.

Anexo D

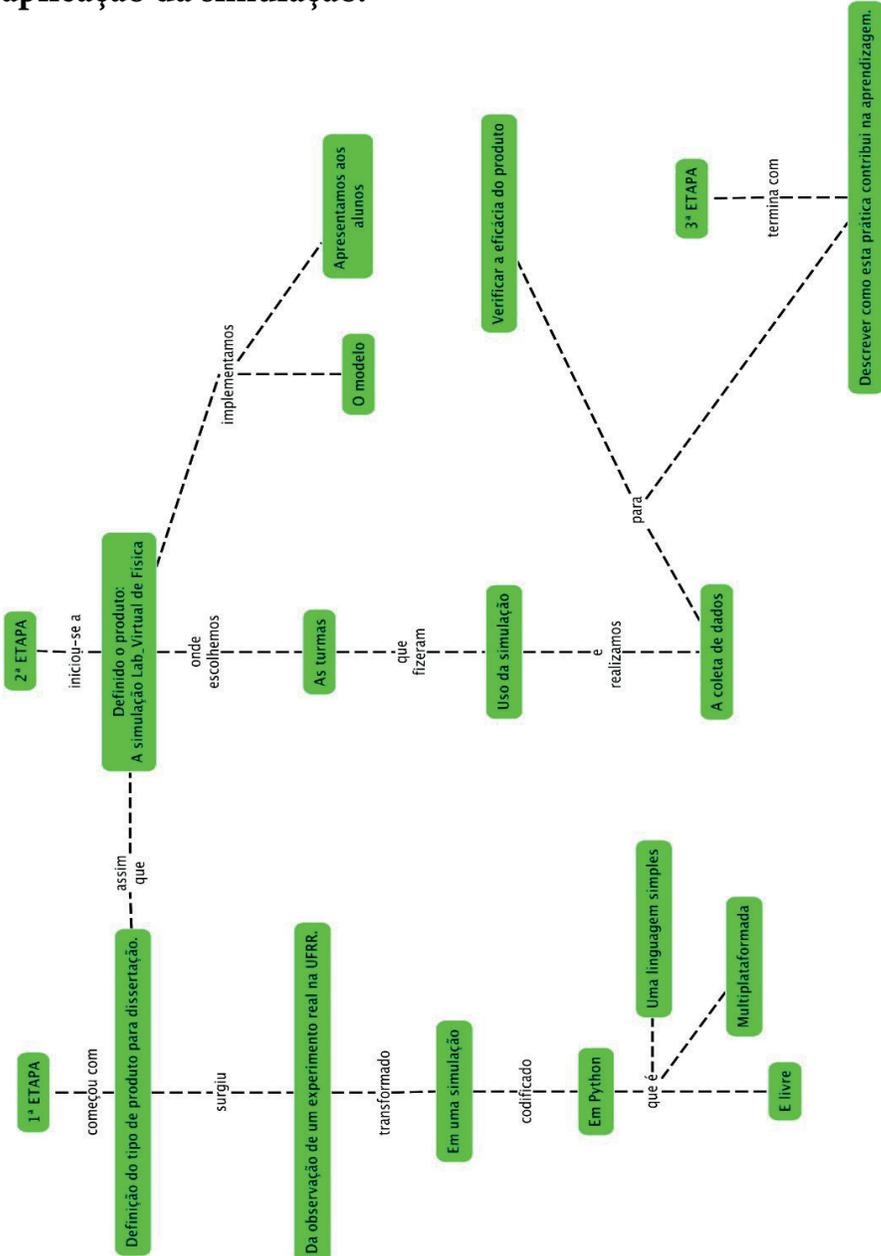
Mapa conceitual de como poderia ser trabalhado os conteúdos das Leis de Newton.

Retirado de um texto de apoio: “UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DA DINÂMICA NO ENSINO MÉDIO A PARTIR DA RESOLUÇÃO QUALITATIVA DE PROBLEMAS” da UFRGS, elaborado por Carla Simone Facchinello e Marco Antonio Moreira.



Anexo E

Mapa conceitual da metodologia para criação, construção e aplicação da simulação.



Anexo F

Código da Simulação utilizada

Será apresentado o código da simulação construída na linguagem de programação Python com o objetivo de mostrar os primeiros passos ao construir uma simulação.

```
# -*- coding: cp1252 -*-

#####
#Projeto de dissertação#
#####

from visual import*

scene.width = 1024 #largura da cena
scene.height = 1000 #altura da cena
scene.antialiasing = True
#Definindo o cenário do laboratório

pisso = box(opacity = 0.8, material = materials.wood,\
            pos= (-1,-5,-2), color=color.white, length=40,width=20,height=0.3)
paredeT =box(material=materials.wood,\
            pos=(-1,5,-2), color=color.white, length=40, width=20, height=0.3)
paredeR =box(material=materials.wood,\
            pos=(1,5,-2), color=color.white, length=40, width=20, height=0.3)
paredeB =box(material=materials.wood,\
            pos=(1,-5,-2), color=color.white, length=40, width=20, height=0.3)
mesaL= box(material=materials.marble, pos=(-9,-1.35,-2),\
            color=color.white, length= 0.2, width=2, height=7)
mesaR= box(material=materials.marble, pos=(7,-1.35,-2),\
            color=color.white, length=0.2, width=2, height=7)
mesaT= box(opacity = 0.5, material=materials.plastic, pos=(-1,2.15,-2),\
            color=(0.7,0.6,0.6),length=16.2, width=10, height=0.2)

texto= text(text='Lab_Virtual de Física: Leis de Newton', align = 'center', size=(10,2,0.5),\
            color=color.red, pos=(-1,7,-12), axis=(1,0,0))

#Definindo o trilho

trilho= box(color=color.blue, material= materials.rough,\
            pos=(-1,3,-2), length=16.2, width=2, height=0.2)

#Definindo suporte de sustentação do trilho

suporteL = box (material=materials.rough, pos=(-8.5,2.7,-1),\
            color=color.blue, lenght=15, width=0.1, height=0.3)
suporteR = box(material=materials.rough, pos=(6.5,2.7,-1),\
            color=color.blue, lenght=15, width=0.1, height=0.3)

#Definindo os blocos, a roldana, pino e a corda
```

```

pino = box(pos=(7.8, 2, -2.1), axis=(1.8,2,0), lenght=1.6, width=0.1, height=0.4,\
           color=(0.6,0.6,0.6))
roldana= cylinder(color=(0.6,0.6,0.6),material=materials.plastic, pos=(8.6,3,-2.20),\
                 axis=(0,0,1),\
                 radius=0.35, length=0.2)

bloco1 = box(pos = (-8.5,3.5,-2),length =1, width = 1, height = 1, color=color.green)
bloco2 = box(pos = (9,0.5,-2.1),length=0.5,width=0.5,color=color.red)

rold = [roldana.pos+(0,0.001,0)+(roldana.radius*cos(teta),roldana.radius*sin(teta),\
                                0.1)
        for teta in arange(90*pi/180.,0,-pi/16)]
rold.insert(0,bloco1.pos)
rold.append(bloco2.pos)
corda= curve(pos=rold, color=color.white, radius=0.04, \
             material=materials.plastic)
pos= vector(0,0,0)

#Movimento e massa dos blocos
bloco1.move = False
bloco1.massa = 0.0945 # 94,5 gramas
bloco2.massa = 0.005 # 5 gramas
bloco2.size = vector(.5,bloco2.massa * 2,.5)
bloco1.velocidade = vector(0,0,0,0,0)
bloco1.aceleracao = vector(0,0,0)

bloco2.pos.y = .5 + (bloco2.size.y / 2) # y = 0.75
bloco2.velocidade = vector(0,0,0,0,0)
bloco2.aceleracao = vector(0,0,0,0,0)
bloco2.forca = vector(0,0,0)

mass1 = sphere(pos=(23,8,.2),radius=.5,color=color.red)
mass1.mass = 0.01 # kg
message = "Adicionar 10 gramas." #perguntar ao professor, já descobri para cada 50 gra-
mas tenho 0.05 kg.
mass1Label = label(pos=mass1.pos, text=message,yoffset=20)

mass2 = sphere(pos=(23,-1,.2),radius=.5,color=color.red)
mass2.mass = 0.005 # kg
message = "Adicionar 5 gramas." #perguntar ao professor, já descobri para cada 50 gra-
mas tenho 0.05 kg.
mass2Label = label(pos=mass2.pos, text=message,yoffset=20)

# Rótulo para mensagens do usuário
mylabel = label(pos=(-18,-8,-2), height = 16)

aceleracaoGravidade = vector(0,0,-9.8,0,0) # aceleração da gravidade 9.8 m/s^2
forcaGravidade_bloco2 = bloco2.massa * aceleracaoGravidade
bloco2.forca = forcaGravidade_bloco2

```

```

forcaGravidade_bloco1 = bloco1.massa * aceleracaoGravidade
forcaNormal_bloco1 = -1 * forcaGravidade_bloco1

corda.forcaTensao = mag(bloco2.forca)
coefAtritoCinetico = .46
coefAtritoEstatico = .63
coefAtritoEstaticoMin = .053
direcaoBloco1 = vector(1,0,0)
ti = .0419
tf = .0629

fCin = vector(0,0,0)
fEst = coefAtritoEstaticoMin * mag (forcaNormal_bloco1) * direcaoBloco1
forcaAtritoEst_bloco1 = coefAtritoEstatico * mag(forcaNormal_bloco1) * direcaoBloco1
forcaAtritoCin_bloco1 = coefAtritoCinetico * mag(forcaNormal_bloco1) * direcaoBloco1

t_in= ti
t_final = tf
pos = vector(0,0,0)

#inicializa variaveis

bloco1.inicioXpos = bloco1.pos.x
bloco2.inicioYpos = bloco2.pos.y
dist_percorrida_bloco1 = 0
dist_percorrida_bloco2 = 0
ang = 0.0
dt = 0.01

Fim = False
while not Fim:
    rate(50)

    if scene.mouse.events: # detecta eventos do mouse
        mouse = scene.mouse.getclick()
        if mouse.pick == mass1: # uma massa foi clicada?
            bloco2.massa += mouse.pick.mass # adiciona a massa clicada à massa total
            bloco2.size = vector(.5,bloco2.massa*3 ,.5)
            bloco2.pos.y = 0.5 + (bloco2.size.y / 2)
        if mouse.pick == mass2: # uma massa foi clicada?
            bloco2.massa += mouse.pick.mass # adiciona a massa clicada à massa total
            bloco2.size = vector(.5,bloco2.massa*3 ,.5)
            bloco2.pos.y = 0.5 + (bloco2.size.y / 2)
        if not bloco1.move:
            corda.forcaTensao = mag(bloco2.massa * aceleracaoGravidade)
            fEst = (bloco2.massa/bloco1.massa) * mag (forcaNormal_bloco1) * direcaoBloco1

            if corda.forcaTensao > mag(forcaAtritoEst_bloco1):

                bloco1.move = True # Forca de atrito estático vencida

```

```

if bloco1.move: # se sim, o bloco se moverá para frente

    roldana.rotate(angle=-ang, axis=roldana.axis, origin = roldana.pos)
    ang += 0.01
    sleep(0.005)

    if (bloco2.pos.y - piso.pos.y - 0.8) > 0:
        aceleracaoMag = (bloco2.massa * 9.8 - mag(forcaAtritoCin_bloco1)) / (bloco2.
massa + bloco1.massa)
        bloco2.aceleracao = aceleracaoMag * vector(0,-1,0)
        bloco1.aceleracao = aceleracaoMag * vector(1,0,0)

    else:
        bloco1.aceleracao = -forcaAtritoCin_bloco1 / bloco1.massa
        corda.forcaTensao = 0

# move o bloco1 e o bloco2 de acordo com sua aceleração
bloco1.velocidade += bloco1.aceleracao * dt
bloco1.pos += (bloco1.velocidade * dt + .5 * bloco1.aceleracao * dt**2)
dist_percorrida_bloco1 = bloco1.pos.x - bloco1.inicioXpos

if (bloco2.pos.y - piso.pos.y - 0.8) > 0:
    #print "Estou aqui... %f"%fCin.x
    bloco2.velocidade += bloco2.aceleracao * dt
    bloco2.pos += (bloco2.velocidade * dt + .5 * bloco2.aceleracao * dt**2)
    dist_percorrida_bloco2 = bloco2.inicioYpos - bloco2.pos.y
    fCin = coefAtritoCinetico * mag(forcaNormal_bloco1) * direcaoBloco1

rold = [roldana.pos+(0,0.01,0)+(roldana.radius*cos(teta),roldana.radius*sin(teta),0.1) \
    for teta in arange(90*pi/180.,0,-pi/16)]
rold.insert(0,bloco1.pos)
rold.append(bloco2.pos)

corda.pos = rold
if bloco1.velocidade.x < 0:
    Fim = True

message = u"Tensão na corda: " + str(corda.forcaTensao)
message += u"\nForca de atrito estático: " + str(fEst)
message += u"\nMassa total sobre a corda: " + str(bloco2.massa*1000) + " gramas."
message += u"\nAceleração do bloco1: " + str(bloco1.aceleracao)
message += u"\nAceleração do bloco2: " + str(bloco2.aceleracao)
message += u"\nDistância percorrida do bloco1: %.2f metros" % dist_percorrida_
bloco1
message += u"\nDistância percorrida do bloco2: %.2f metros" % dist_percorri-
da_bloco2
message += u"\nForca de atrito cinético:" + str(fCin)
mylabel.text = message

```



```
#####
objeto de dissertação#
#####
```

```
m visual import*
```

```
ne.width = 1024 #largura da cena
ne.height = 1000 #altura da cena
ne.antialiasing = True
finindo o cenário do laboratório
```

```
o = box(opacity = 0.8, material = materials.wood, \
        pos= (-1,-5,-2), color=color.white, length=40,width=20,height=
edeT =box(material=materials.wood, \
        pos=(-1,5,-12), color=color.white, length=40, width=0.2, hei
aL= box(material=materials.marble, pos=(-9,-1.35,-2), \
        color=color.white, length=0.2, width=2, height=7)
aR= box(material=materials.marble, pos=(9,-1.35,-2), \
        color=color.white, length=0.2, width=2, height=7)
aT= box(opacity = 0.8, material = materials.wood, pos=(2.15,-2), \
        color = color.white, length = 0.2, width = 0.2)
```

Aprendizagem das Leis de Newton por Meio de Simulação na Linguagem Computacional Python

```
to= text(' ', pos=(0,0,0), color='white', size=100, align='center')
```

```
finindo o trilho
```

```
lho= box(color=color.white, pos=(-1,5,-2))
```

```
finindo suporte de sustentação
```

```
orteL = box (material=materials.rough, pos=(-8.5,2.7,-1), \
            color=color.blue, lenght=15, width=0.1, height=0.3)
orteR = box(material=materials.rough, pos=(6.5,2.7,-1), \
            color=color.blue, lenght=15, width=0.1, height=0.3)
```